PHYSIKALISCHE ZEITSCHRIFT

vereinigt mit dem

JAHRBUCH DER RADIOAKTIVITÄT UND ELEKTRONIK

Nr. 23/24 — 15. Dezember 1941 — 42. Jahrgang

Redaktionsschluß für Nr. 1 am 15. Dezember 1941

INHALT:

Abhandlungen:

A. Schulze, Über die Verwendung von Silberlegierungen als Widerstandswerkstoffe II. S. 385.

A. Scheibe und U. Adelsberger, Normalfrequenz-Aussendung der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt über den Deutschlandsender werktäglich 10 h 45 min für Oktober 1941. S. 390.

H. Schüler und A. Woeldike, Grundsätzliches zur Anregung organischer Moleküle durch Elektronenstoß in der Glimmentladung. Mit Tafel VII und VIII. S. 390.

J. Dosse und H. v. Schelling, Über die Intensitätsverteilung in Elektronenstrahl-Querschnitten. Mit Tafel IX und X. S. 399.

P. Kunze, Eine transportable Nebelkammer für Demonstrationszwecke. S. 405.

Vorlesungsverzeichnis für das Wintersemester 1941/42. S. 409.

Besprechungen. S. 416.

Nachrichten. S. 419.

Berichtigungen. S. 419.

Titel und Register des Bandes. S. I bis XI.

ABHANDLUNGEN

Über die Verwendung von Silberlegierungen als Widerstandswerkstoffe

II. Teil

Von Alfred Schulze

Mitteilung aus der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt

Wie in dem ersten Teil dieser Untersuchung[1]) gezeigt werden konnte, bedeutet die Verwendung von Silberlegierungen als Widerstandswerkstoffe, insbesondere für Normalwiderstände, einen wesentlichen Fortschritt. Es handelte sich hierbei um Silber-Mangan-Legierungen, die als Zusätze wenige Prozent Zinn enthielten. Ihre Widerstandstemperaturkurven hatten in der Umgebung der Raumtemperatur einen nahezu geradlinigen Verlauf. Geeignete thermische Behandlung ermöglichte es, bei diesen Legierungen den Temperaturkoeffizienten „Null" zu erhalten.

Im folgenden soll noch auf zwei Silber-Mangan-Legierungen eingegangen werden, von denen die eine, eine zinnfreie Silber-Mangan-Legierung, aus verschiedenen Gründen besondere Beachtung verdient.

1. Zinnfreie Silber-Mangan-Legierung

Unter den zinnfreien Silber-Mangan-Legierungen ist die Legierung mit 8,78 Gewichtsprozent Mangan als Widerstandswerkstoff von besonderer Bedeutung, da sie zunächst – wie aus dem folgenden zu ersehen – als Widerstandswerkstoff für Präzisionswiderstände geeignet ist und außerdem wegen ihres hohen Druckkoeffizienten für die Verwendung als Widerstandsmanometer in Frage kommt.

Diese Legierung, die für die vorliegenden Untersuchungen von der Firma G. Siebert in Hanau a. M. in dankenswerter Weise erschmolzen wurde, stand in Drahtform von 0,5 mm Durchmesser zur Verfügung. Ihre elektrischen Eigenschaften sind ebenso wie die der zinnhaltigen Silber-Mangan-(NBW)Legierungen sehr stark von den Alterungsbedingungen abhängig. Abb. 1 zeigt die Widerstandstemperaturkurven zwischen 20 und 50° C, nachdem die Widerstände

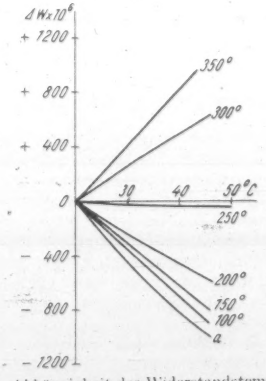


Abb. 1. Abhängigkeit der Widerstandstemperaturkurven der zinnfreien $AgMn$-Legierung von der Alterungstemperatur.

[1]) A. Schulze, Physik. Zeitschr. **42**, 6, 1941.

etwa 10 Stunden sukzessive bei 100°, 150°, 200°, 250°, 300° und 350° C getempert waren. Ihre Neigung hängt im wesentlichen von der Alterungstemperatur ab. Die Kurven weichen im

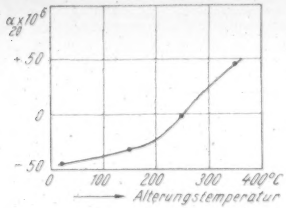


Abb. 2. Widerstandstemperaturkoeffizient der zinnfreien $AgMn$-Legierung bei 20° C in Abhängigkeit von der Alterungstemperatur.

großen und ganzen nur wenig von der Geraden ab. Nach Abb. 2, in der die Temperaturkoeffizienten in Abhängigkeit von der Alterungstemperatur dargestellt sind, erhält man den Temperaturkoeffizienten „Null", wenn man den Werkstoff bei 250° C etwa 10 Stunden lang tempert und ihn dann langsam auf Raumtemperatur abkühlt. Im Anlieferungszustand beträgt der Temperaturkoeffizient bei Raumtemperatur durchschnittlich -40×10^{-6}. Der zugehörige spezifische Widerstand bei 20° ist:

$$\sigma = 0{,}32\ \Omega\ \frac{\text{mm}^2}{\text{m}}.$$

Er fällt bis auf $0{,}28\ \Omega\ \frac{\text{mm}^2}{\text{m}}$, wenn der Werkstoff durch Temperung den Temperaturkoeffizienten Null erreicht, während er bei höheren Temperaturen wieder größer wird.

Die Widerstandstemperaturkurven in dem Bereich von — 200° bis + 200°[2]) lassen den für Mangan-Legierungen charakteristischen S-förmigen Verlauf erkennen (vgl. Abb. 3). Das hierbei auftretende Maximum verschiebt sich mit steigender Alterungstemperatur zu höheren Temperaturen.

Die Thermokraft dieser zinnfreien Silber-Mangan-Legierungen gegen Kupfer beträgt in der Umgebung der Raumtemperatur + 2,5 Mikrovolt. $\frac{}{\text{Grad}}$. Die Dichte ist 9,51 g/cm³.

Auch die mechanischen Eigenschaften sind außerordentlich günstig (s. Abb. 4). Die Zerreißfestigkeit beträgt im Anlieferungszustand 45 kp/mm² bei einer Dehnung von 2 Proz.

Da diese Legierung mithin in jeder Beziehung günstige Voraussetzungen für die Verwendung zu Präzisionswiderständen besitzt, wurden eine Reihe solcher Widerstände in der üblichen Weise hergestellt. Sie waren 12 Stunden bei 250° C gealtert und anschließend langsam auf Raumtemperatur abgekühlt. Messungen im Laufe von

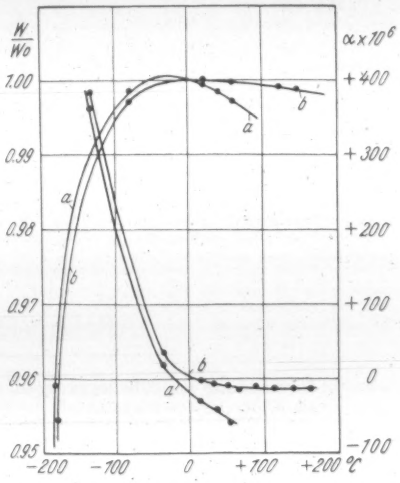


Abb. 3. Zinnfreie $AgMn$-Legierung. Abhängigkeit des elektrischen Widerstandes ($a\,b$) und seines Temperaturkoeffizienten ($a'\,b'$) von der Temperatur.
Kurve a und a': kaltverformt.
Kurve b und b': 10 Stunden bei 250° C getempert.

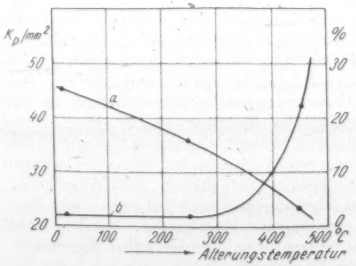


Abb. 4. Zerreißfestigkeit (Kurve a) und Dehnung (Kurve b) der zinnfreien $AgMn$-Legierung in Abhängigkeit von der Alterungstemperatur.

9 Monaten ließen eine gute zeitliche Konstanz ihrer Widerstandswerte erkennen. Als Beispiel ist in der Zahlentafel I das Verhalten des Widerstandes Ag 1_{21} wiedergegeben, bei dem Schwankungen nur innerhalb weniger Milliontel auftreten. Die hierbei angegebenen α- und β-Werte

sind unter Zugrundelegung der quadratischen Gleichung:

$$W_t = W_{20}\,(1 + \alpha\,(t-20) + \beta\,(t-20)^2)$$

berechnet.

Zahlentafel I

Zeitliche Abhängigkeit der Widerstandswerte (in Ohm) der zinnfreien Ag-Mn-Legierung

Datum	Ag I_{21} $\alpha = -0{,}85 \cdot 10^{-6}$ $\beta = -0{,}042 \cdot 10^{-6}$
16. XII. 1940	1,000020
23. XII.	30
2. I. 1941	29
14. I.	31
21. I.	28
5. II.	30
13. II.	26
27. II.	23
7. III.	24
17. III.	23
21. III.	21
15. IV.	24
28. IV.	22
12. V.	22
11. VI.	26
14. VII.	24
19. VIII.	23
22. IX.	25
19. X.	25

Als wesentlicher Vorteil gegenüber dem Manganin ergibt sich für α ein Wert, der kleiner als ein Milliontel ist, und außerdem ein so kleiner β-Wert, daß die Abweichungen der Widerstandstemperaturkurve von der geraden Linie nur gering sind (s. Abb. 5).

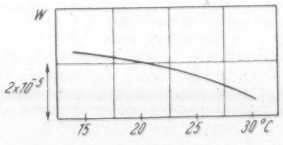


Abb. 5. Widerstandstemperaturkurve des Widerstandes *Ag* I_{21}.

Als besonders günstig haben sich Temperungen bei der etwas niedrigeren Temperatur von 210 bis 220° C ergeben, wobei naturgemäß die längere Temperungsdauer von etwa 40 Stunden mit in Kauf genommen werden muß. In diesem Falle konnte ausnahmslos sofortige zeitliche Konstanz der Widerstandswerte beobachtet werden, während diese durch Temperung bis 250° C oder auch höher, sonderbarerweise häufig erst nach etwa einmonatigem Lagern eintrat.

2) Von Herrn Dr. Bender gemessen.

Das gesamte Verhalten dieses Widerstandswerkstoffs läßt mithin ohne weiteres seine Brauchbarkeit für Präzisionswiderstände erkennen.

Weiterhin dürfte dieser Legierung dadurch eine besondere Bedeutung zukommen, daß ihr elektrischer Widerstand einen hohen Druckkoeffizienten besitzt und sie somit für Widerstandsmanometer benutzt werden kann[3]).

Zur Zeit wird das Manganin für derartige Zwecke verwendet, dessen Druckkoeffizient im Durchschnitt:

$$a = +\,2{,}60 \times 10^{-6}$$

beträgt. Besonders vorteilhaft ist auch hierfür der kleine Temperaturkoeffizient und die gute Reproduzierbarkeit der Widerstandswerte.

Soll also ein Widerstandswerkstoff für die Verwendung als Widerstandsmanometer brauchbar sein, so muß er alle die Vorbedingungen erfüllen, die für die Verwendung zu Präzisionswiderständen erforderlich sind. Will man auf diesem Gebiete der Meßtechnik weitere Fortschritte erzielen und einen Widerstandswerkstoff finden, der sich für Druckmessungen günstiger als Manganin verhält, so muß er bei guter zeitlicher Konstanz der Widerstandswerte einerseits eine flachere Widerstandstemperaturkurve und mithin kleinere Temperaturkoeffizienten besitzen und andererseits einen größeren Druckkoeffizienten aufweisen.

Nach Untersuchungen von J. O. Linde[3]) besitzen unter den Kupferlegierungen die Kupfer-Mangan-Legierungen, und zwar insbesondere das Manganin die größten Druckkoeffizienten, während die der Goldlegierungen durchweg kleiner sind. Dagegen verhalten sich die Silberlegierungen in ihrer Widerstands-Druckabhängigkeit sehr günstig. Auch hier ist es der Zusatz von Mangan, der den Druckkoeffizienten des Silbers wesentlich erhöht. Mit zunehmendem Mangangehalt wachsen die Druckkoeffizienten stark an, und zwar betragen sie für Legierungen mit etwa 9 Gew.-Proz. Mangan nach Linde nahezu 3,4 Milliontel, was gegenüber dem Manganin eine wesentliche Verbesserung bedeutet.

Da die oben besprochene Silber-Mangan-Legierung mit einem Mangangehalt von 8,78 Proz. sich in elektrischer Beziehung besonders günstig verhält (nahezu geradlinige Widerstandstemperaturkurve mit einem Temperaturkoeffizienten von etwa 1 Milliontel), scheint diese Legierung auch für die Verwendung zu Widerstandsmano-

3) J. O. Linde, Elektrische Widerstandseigenschaften der verdünnten Legierungen des Kupfers, Silbers und Goldes. Lund 1939, Gleerupska Univ.-Bokhandeln.

metern sehr vorteilhaft zu sein. Es wurde daher in dem Laboratorium für Druck- und Ausdehnungsmessungen von Herrn Oberregierungsrat Dr. Ebert der Druckkoeffizient zwischen 0 und 5000 kp/cm² bestimmt. Für eine Legierung, die so getempert war, daß sie einen geringen negativen Temperaturkoeffizienten hatte, ergab sich ein Druckkoeffizient:

$$a = +3{,}3 \times 10^{-6}$$

der somit nahezu 30 Proz. größer ist als der des Manganins. Weiterhin wurde die interessante Tatsache festgestellt, daß der Druckkoeffizient dieser Legierung in starkem Maße von der thermischen Behandlung abhängig ist. So hat ein kaltverformter Legierungsdraht (im Anlieferungszustand) einen Druckkoeffizienten:

$$a = +2{,}2 \times 10^{-6}.$$

Zusatz von Zinn bewirkt eine Verkleinerung dieser Druckkoeffizienten. Sobald nämlich der 8 bis 9 Proz. Mangan enthaltenden Silberlegierung noch Zinn beigefügt ist, wie es etwa bei der im folgenden besprochenen Legierung NBW 87 der Fall ist, ergibt sich ein Druckkoeffizient von nur $1{,}1 \times 10^{-6}$.

Für die übrigen NBW-Legierungen sind Druckkoeffizienten gefunden worden, die ungefähr dem des Manganins gleich sind[4]). Die eingehenden Untersuchungen über die Widerstand-Druck-Abhängigkeit der hier besprochenen Silberlegierungen werden in absehbarer Zeit von Herrn Dr. Ebert veröffentlicht.

Es ergibt sich bereits aus diesen kurzen Hinweisen, daß die Verwendung der 8,78 prozentigen Silber-Mangan-Legierung für Widerstandsmanometer eine wesentliche Verbesserung der Meßtechnik zu werden verspricht.

2. Die Legierung NBW 87

Während die 8,78 Proz. Mangan enthaltende Silberlegierung ebenso wie die im 1. Teil untersuchten NBW-Legierungen (NBW 108, NBW139 und NBW 173) im kaltverformten Zustande relativ große negative Widerstandstemperaturkoeffizienten besitzen und außerdem eine starke Abhängigkeit ihrer Eigenschaften von der thermischen Behandlung aufweisen, zeigt die Legierung NBW 87 ein völlig anderes Verhalten. Dieser Werkstoff, der ebenfalls von der Platinschmelze G. Siebert in Hanau a. M. hergestellt wird, hat nahezu denselben Mangangehalt wie die obige zinnfreie *Ag-Mn*-Legierung, nur sind ihr noch wenige Prozente Zinn beigefügt. Ihre Zusammensetzung ist folgende:

8 Proz. *Mn* + 7 Proz. *Sn* + 85 Proz. *Ag*.

4) Vgl. auch R. Vieweg und F. Hildebrandt, Kunststoffe **30**, 173, 1940.

Diese Legierung hat einen positiven Widerstandstemperaturkoeffizienten, und ihre physikalischen Eigenschaften sind von der thermischen Behandlung nahezu unabhängig.

Der spezifische Widerstand beträgt bei 20° C:

$$\sigma = 0{,}43_8\ \Omega\ \frac{\text{mm}^2}{\text{m}},$$

sein Temperaturkoeffizient durchschnittlich + 10 Milliontel. Die Widerstandstemperaturkurve verläuft in der Nähe der Raumtemperatur, d. h. zwischen 20 und etwa 50° C gradlinig (s. Abb. 6).

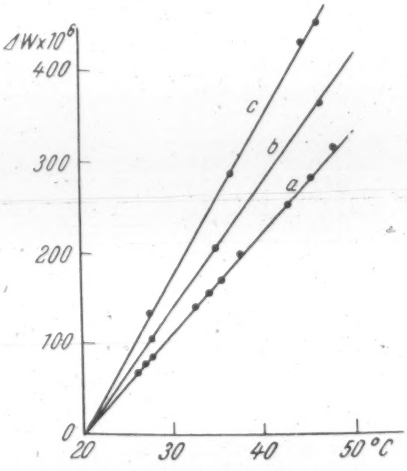


Abb. 6. Abhängigkeit der Widerstandstemperaturkurven der Silberlegierung NBW 87 von der Alterungstemperatur.
Kurve *a*: kaltverformt, sowie nach Alterung (je 8 Stunden) bei 100°, 150° und 200° C.
Kurve *b*: nach Alterung bei 250° C.
Kurve *c*) nach Alterung bei 300° und 350° C.

Alterungen bis 200° C haben auf den Temperaturkoeffizienten keinen Einfluß. Erst eine Alterung (von 8 Stunden) bei 250° und höher läßt eine geringere Zunahme desselben erkennen (vgl. auch Abb. 7).

Der Verlauf der Widerstandstemperaturkurve in dem Temperaturgebiet von — 200 bis + 200° (s. Abb. 8) deutet auch hier wieder die S-Form an und läßt erkennen, daß Temperung bis etwa 325° C nahezu ohne Einfluß ist. Durch Temperung oberhalb 325° treten Anomalien in den Eigenschaftskurven auf, die auf Änderungen im Gefüge der Legierung schließen lassen. Es empfiehlt sich daher, den Werkstoff NBW 87 Temperaturen oberhalb 300° C nicht auszusetzen.

Die Zerreißfestigkeit, die an 0,6 mm dicken Drähten bestimmt worden ist, beträgt 29 kp/mm² bei einer Dehnung von 22 Proz.

Die Thermokraft gegen Kupfer beträgt in der Umgebung der Raumtemperatur $-0{,}4 \frac{\text{Mikrovolt}}{\text{Grad}}$.

Die Dichte hat sich zu 9,70 g/cm³ ergeben.

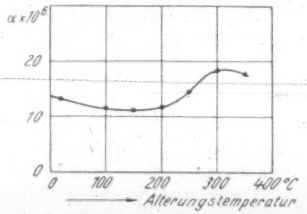


Abb. 7. Widerstandstemperaturkoeffizient (α_{20}) der Silberlegierung NBW 87 bei 20° in Abhängigkeit von der Alterungstemperatur.

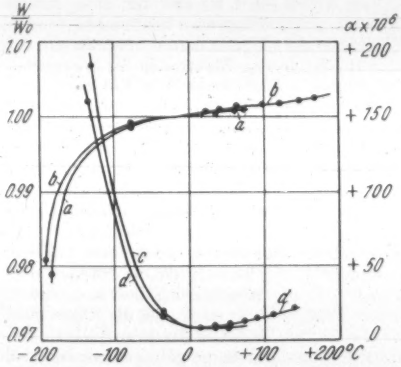


Abb. 8. Abhängigkeit des elektrischen Widerstandes (Kurven *a* und *b*) und seines Temperaturkoeffizienten (Kurven *c* und *d*) der Silberlegierung NBW 87 von der Temperatur.
Kurve *a* und *c*: kaltverformt.
Kurve *b* und *d*: bei 325° getempert.

Der Vorzug dieses speziellen Widerstandswerkstoffes beruht vor allem darauf, daß er einen kleinen positiven Widerstandstemperaturkoeffizienten besitzt, der, ebenso wie der Widerstand selbst, auch nach verhältnismäßig hoher thermischer Belastung unverändert bleibt. Eine Verwendung für Präzisionswiderstände dürfte trotz Erfüllung aller Vorbedingungen kaum in Frage kommen, da dieser Werkstoff gegenüber dem Manganin keine besonderen Vorteile besitzt.

Zusammenfassung.

Von den Silberlegierungen, die für die Verwendung als Widerstandswerkstoffe in Frage kommen, wurde eine zinnfreie 8,78 Gew.-Proz. Mangan enthaltende Legierung einer eingehenden Untersuchung unterzogen. Dieser Werkstoff hat im kaltverformten Zustand einen relativ großen negativen Widerstandstemperaturkoeffizienten. Die Messungen des elektrischen Widerstandes zeigen eine starke Abhängigkeit von der thermischen Behandlung. Der Temperaturkoeffizient Null wird durch Alterung bei 250° C erreicht.

Die Widerstandstemperaturkurven verlaufen nahezu gradlinig. Alle Vorbedingungen, die für die Verwendung zu Präzisions- bzw. Normalwiderständen erforderlich sind, sind damit erfüllt. Die Herstellung von Normalwiderständen aus diesem Werkstoff hat seine Geeignetheit hierfür erwiesen, und bedeutet zugleich einen wesentlichen Fortschritt gegenüber dem Manganin.

Außerdem kommt dieser Legierung dadurch noch eine weitere Bedeutung zu, daß ihr elektrischer Widerstand den hohen Druckkoeffizienten von $3{,}3 \times 10^{-6}$ besitzt, und sie somit für Widerstandsmanometer benutzt werden kann. Der Vorteil gegenüber dem bisher auch hierfür verwendeten Manganin besteht in dem um etwa 30 Proz. höheren Druckkoeffizienten und außerdem in dem erheblich günstigeren Verhalten des elektrischen Widerstandes (flachere Widerstandstemperaturkurve und kleinere Temperaturkoeffizienten).

Im Gegensatz zu diesem Widerstandswerkstoff und zu den bereits untersuchten NBW-Legierungen zeigt die Legierung NBW 87 ein gänzlich anderes Verhalten. Sie hat einen kleinen positiven Widerstandstemperaturkoeffizienten, der ebenso wie der Widerstand selbst von der thermischen Behandlung (bis etwa 200° C) unabhängig ist.

Die bisher hier untersuchten Silberlegierungen haben bereits recht interessante und zum Teil sehr merkwürdige Ergebnisse zutage gefördert. Bei systematischen Untersuchungen dieser Legierungsgruppen, die in absehbarer Zeit durchgeführt werden sollen, dürften hinsichtlich ihrer Verwendung als Widerstandswerkstoffe sicherlich noch manche Fortschritte zu erwarten sein.

Der technische Angestellte Maaß leistete bei diesen Arbeiten wertvolle Hilfe, wofür ihm auch an dieser Stelle bestens gedankt sein möge.

Berlin-Charlottenburg, im September 1941.

(Eingegangen 23. September 1941)

Normalfrequenz-Aussendung der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt über den Deutschlandsender werktäglich 10 h 45 min.

Die Zahlen der Spalte 2 geben an, um wieviel in 10^{-9} des Wertes der Betrag der ausgestrahlten Frequenz vom Sollwert 1000,000000 Hz abweicht. Die Abweichung wurde mittels der Quarzuhren der Reichsanstalt bestimmt.

1	2	1	2
Oktober 1941		Oktober 1941	
Tag	Abweichung	Tag	Abweichung
1.	+ 22	17.	+ 27
2.	+ 19	18.	+ 31
3.	+ 25	19.	—
4.	+ 22	20.	+ 36
5.	—	21.	+ 28
6.	+ 21	22.	+ 29
7.	+ 19	23.	+ 25
8.	+ 24	24.	+ 27
9.	+ 26	25.	+ 29
10.	+ 28	26.	—
11.	+ 28	27.	+ 31
12.	—	28.	+ 35
13.	+ 17	29.	+ 36
14.	+ 18	30.	+ 35
15.	+ 30	31.	+ 37
16.	+ 32		

Berlin-Charlottenburg, den 7. November 1941.

Physikalisch-Technische Reichsanstalt,

Abteilung II.

Im Auftrage:

A. Scheibe, U. Adelsberger.

Grundsätzliches zur Anregung organischer Moleküle durch Elektronenstoß in der Glimmentladung

Von H. Schüler und A. Woeldike

Mitteilung aus dem Max-Planck-Institut, Berlin-Dahlem

Mit Tafel VII, VIII

Zusammenfassung

In der Fortsetzung früherer Versuche, die gezeigt haben, daß es prinzipiell möglich ist, organische Moleküle in Glimmentladung durch Elektronenstoß anzuregen, wird in dieser Arbeit beschrieben, wie man nach entsprechender Verbesserung der Glimmentladungsröhre reine Emissionsspektren organischer Substanzen erzeugen kann, d. h. es werden nur die Spektren beobachtet, die durch Elektronenstoß am nicht zerfallenen organischen Molekül entstehen. Weiter sind Versuchsbedingungen angegeben, unter denen man außer diesen Spektren auch Spektren der Zerfallsprodukte erhalten kann. Am Beispiel des Benzols werden die verschiedenen Versuchsbedingungen diskutiert. Ebenso sind Resultate von Versuchen mit Benzonitril, Chlorbenzol und Brombenzol mitgeteilt. Da gezeigt wird, daß Emissions- und Absorptionsspektren nicht identisch sind, ist mit der Anregung organischer Substanzen durch Elektronenstoß eine neue, und zwar die letzte noch fehlende spektroskopische Untersuchungsmethode gegeben. Der Vergleich von Emission und Absorption ermöglicht zumindest qualitative Aussagen über Lage und Form der Potentialkurven der organischen Moleküle im angeregten und nichtangeregten Zustand. Befunde an Ketonen lassen auf eine Bindungsverfestigung im angeregten Molekülzustand schließen.

A. Versuchsanordnung

In einer früheren Arbeit[1]) (hier mit Nr. I bezeichnet) haben die Verfasser und H. Gollnow an einigen Beispielen nachgewiesen, daß es möglich ist, bei geeigneter Anordnung in der positiven Säule einer Glimmentladung Emissionsspektren organischer Substanzen zu beobachten. In der Arbeit Nr. I ist eine für diese Zwecke geeignete Entladungsröhre beschrieben worden. Wir haben dort bereits darauf hingewiesen, daß unmittelbar an den Elektroden die organischen Substanzen sich zersetzen und Kohlenstoff abgeschieden wird, der zu disruptiven Entladungen Anlaß gibt. Dieser Übelstand wurde damals durch weitgehende Abdeckung der Elektroden zu beheben versucht. Bei kleinem Dampfdruck der organischen Substanz reichte diese Anordnung aus. Aber im Verlauf weiterer Untersuchungen ergab sich die Notwendigkeit, die organischen Substanzen auch bei höherem Dampfdruck zu beobachten. In diesem Fall jedoch war die Abscheidung des Kohlenstoffs an den Elektroden so stark, daß die Röhre nicht mehr ruhig brannte. Um das prinzipiell zu vermeiden, muß dafür Sorge getragen werden, daß die organischen Moleküle überhaupt nicht mehr mit den Elektroden in Berührung kommen. Wir haben das dadurch erreicht, daß wir den Entladungsweg von den Enden des Beobachtungsraumes (AB, Fig. 1) zu den Elektroden durch je eine Kühlfalle (in Fig. 1: CD) leiten. Die Kühlfallen enden in einem Schliff, in dem die wassergekühlten Elektroden eingesetzt werden. Die Figuren 1–3 zeigen nun in den verschiedenen Orientierungen das Schema der Röhre. Die beigefügten Maßstäbe lassen die Dimension der Röhre erkennen. Entsprechend der thermischen Eigenschaft der jeweilig untersuchten Substanz kann der Ansatzbehälter F mit flüssiger Luft, fester Kohlensäure, Wasser und ähnlichem gekühlt oder auch durch einen den Beobachtungs-

1) H. Schüler, H. Gollnow und A. Woeldike, Physik. Zeitschr. **41**, 381, 1940.

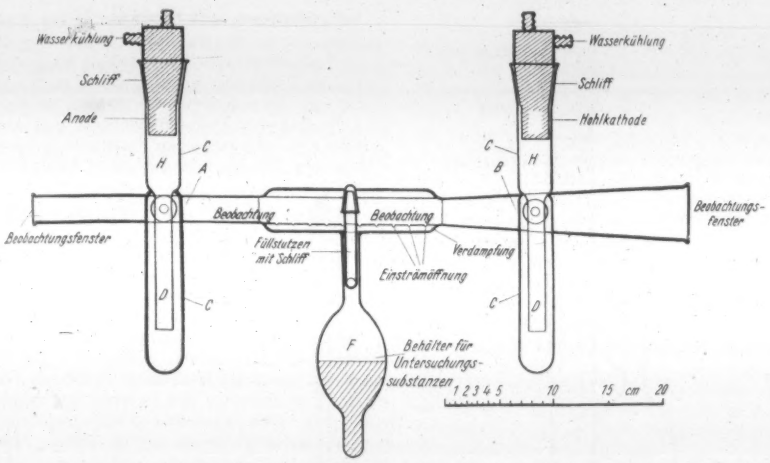


Fig. 1. Entladungsröhre, Sicht von vorn. Statt Beobachtung lies Beobachtungsraum, statt Verdampfung lies Verdampfungsraum.

raum $A\,B$ und den Behälter F umschließenden Ofen höher temperiert werden. Ebenso wie in der Arbeit Nr. I dargestellt ist, wird auch hier die Röhre zu Beginn mit dem Trägergas (Edelgase oder Wasserstoff) beschickt und gezündet. Wir haben bisher in Druckbereichen von 0,01 bis 0,6 mm Hg-Druck des Trägergases gearbeitet. Durch die Stutzen St (siehe Fig. 2 und 3) ist die Röhre an einen Kreislauf angeschlossen (siehe Fig. 4). Dieser Kreislauf enthält — wie dargestellt — zwei Kühlfallen, eine dreidüsige Zirkulationspumpe und ein heizbares Quarzrohr mit CuO, das, falls notwendig, die Edelgase während des Betriebes vom Wasserstoff befreit. Dadurch ist erreicht, daß das Trägergas während des Brennens der Röhre durch Zirkulation dauernd sauber gehalten wird. Taucht man nun die Kühlfallen C der Entladungsröhre in flüssige Luft, dann ändert sich am Druck der Trägergase (H_2, He, Ar, Kr) selbst nichts, da sie ja bei der Temperatur der flüssigen Luft nicht kondensiert werden. Dagegen schlagen sich alle organischen Substanzen, die aus dem Behälter F abgedampft und durch die Einströmungsöffnungen (Fig. 1) in den Entladungsraum gelangt sind, in den Kühlfallen C nieder. Auf diese Weise wird erstens erreicht, daß im Beobachtungsraum eine Entladung im strömenden Dampf organischer Moleküle vorhanden ist, zweitens verhindert die Temperatur der flüssigen Luft ein Eindringen der organischen Moleküle in den Raum H vor den Elektroden. So bleiben die Elektroden also absolut sauber; außerdem ist der Dampfdruck des Trägergases im Raum H konstant, unabhängig davon, bei welchem Druck der Untersuchungssubstanz im Beobachtungsraum gearbeitet wird. In Fig. 5 ist schematisch der Weg der Entladung dargestellt: $A\,B$ ist der Weg der Entladung, auf dem der Dampfdruck der zu untersuchenden Substanz in weiten Grenzen

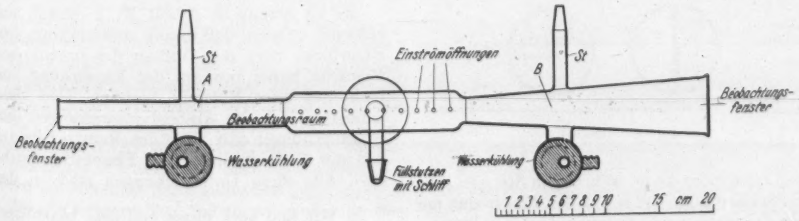


Fig. 2. Sicht von oben.

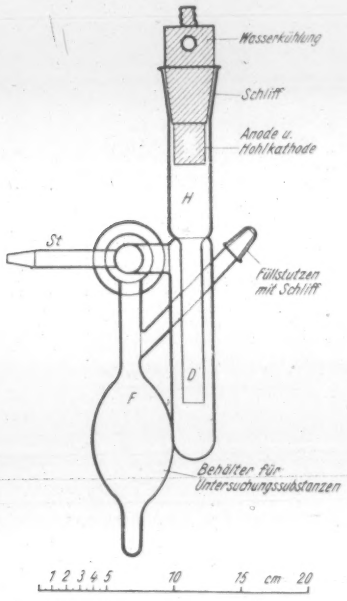


Fig. 3. Sicht von der Seite.

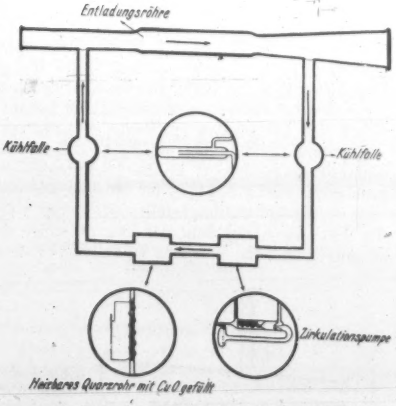


Fig. 4. Kreislauf.

variiert werden kann, während in der restlichen Entladungsbahn DH bis zu den Elektroden nur das Trägergas mit konstantem Druck vorhanden ist. Besitzt nun eine Substanz im Sichtbaren kein Spektrum, was häufig genug der Fall ist, dann beobachten wir beim Brennen der Röhre im Entladungsraum AB kein Leuchten, sondern nur im Raum von A und B an bis zu den Elektroden; denn hier übernimmt ja wieder das Trägergas den Entladungsprozeß, und wir erhalten dort die typischen Farben des Trägergasleuchtens. (Es ist ein ungewohnter Anblick, wenn

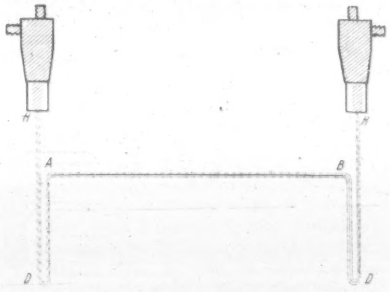


Fig. 5. Schema des Entladungsweges.

beim Brennen einer Entladungsröhre ein großer Teil der positiven Säule kein sichtbares Licht aussendet.) Im übrigen kann diese Anordnung nicht nur Verwendung finden bei organischen Substanzen, sondern auch bei anorganischen Molekülen, vor allem, wenn es sich um Moleküle handelt, die an den Elektroden stark reagieren, z. B. bei Chlorverbindungen.

Auch diese Röhre ist wie die in Arbeit Nr. I dargestellte aus Quarz geblasen[2]), so daß sie mit Hilfe eines Luft-Leuchtgasgebläses abgebrannt und so bequem und gründlich gereinigt werden kann.

Zusammenfassend läßt sich jetzt sagen, daß die Entladungsröhre in der hier beschriebenen Form recht betriebssicher und in experimenteller Hinsicht leicht zu handhaben ist.

B. Anwendung

1. Problemstellung

Es ist bereits in Arbeit Nr. I darauf hingewiesen worden, daß unsere spektroskopischen Kenntnisse über den Aufbau der organischen Moleküle bisher nur auf der Einwirkung von Licht auf diese Moleküle beruhen. Und zwar handelt es sich um Absorptionsmessungen, um Untersuchungen mit Hilfe des Raman-Effektes und um Beobachtungen des Fluoreszenzleuchtens. Alle diese Untersuchungen sind an der

2) Wir sind auch dieses Mal dem Glasbläsermeister des Instituts, Herrn Huber, für die sorgfältige Anfertigung der Röhre zu Dank verpflichtet.

gasförmigen, flüssigen und festen Phase durchgeführt worden. Für die Beobachtung der individuellen Eigenschaften der Moleküle kommt nur der gasförmige Zustand in Frage, während im flüssigen und festen Zustand die spezifischen Eigenschaften des Einzelmoleküls durch die Wirkungen der Umgebung mehr oder weniger verändert erscheinen. In unserem Fall — hier in der Glimmentladung — kommt nur die gasförmige Phase in Frage. Nachdem in der Arbeit Nr. I festgestellt worden ist, daß prinzipiell in der Glimmentladung Emissionsspektren organischer Substanzen beobachtet werden können, handelt es sich nun weiter darum, festzustellen, ob es möglich ist, die Emissionsvorgänge der untersuchten organischen Substanzen isoliert zu beobachten, oder ob immer eine Mischung von Eigenspektren und Zerfallspektren zusammen beobachtet werden. Für verschiedene Problemstellungen wäre es jedenfalls zweckmäßig, wenn man sowohl a) die reinen Spektren als auch b) die reinen Spektren plus Zerfallspektren beobachten könnte. Aufschluß darüber, unter welchen Bedingungen man a oder b bei einer organischen Substanz beobachten kann, geben die Versuche, die bei Variation des Trägergases und Trägergasdruckes und verschiedenen Drucken der Substanz angestellt werden.

2. Experimentelle Ergebnisse

Bei den Untersuchungen, die in Arbeit Nr. I beschrieben sind, ist, wie oben bereits erwähnt, unter wesentlich eingeengteren Versuchsbedingungen gearbeitet worden. Dabei stellte sich Krypton als das geeignetste Trägergas heraus. In den erhaltenen Spektren waren die Kryptonlinien immer noch zu beobachten. In der neuen Versuchsanordnung ließen nun die Erhöhung des Dampfdrucks der organischen Substanzen die Kryptonlinien ganz verschwinden. In gleicher Weise stellte sich bei der Anwendung von H_2 als Trägergas heraus, daß kein Wasserstoffspektrum (vor allen Dingen kein Kontinuum) auf den Spektren erschien. Damit war nun die Möglichkeit gegeben, auch Wasserstoff als Trägergas zu benutzen. Dieser Befund ist insofern wichtig, als sich im Laufe der Aufnahmen zeigte, daß beim H_2 die reinen Spektren der organischen Substanzen besser auftraten als bei Krypton als Trägergas. Vermutlich spielt die Masse der Trägergasindividuen eine entscheidende Rolle (Kr Masse 83, H_2 Masse 2). Irgendwelche spezifischen Reaktionen des Wasserstoffes auf die Moleküle der organischen Substanzen in der Entladungsröhre haben wir bisher in den Spektren nicht festgestellt. Hinsichtlich des Druckes der Trägergase hat sich ergeben, daß es zweckmäßig ist, bei möglichst geringem Druck des Trägergases (0,02–0,05 mm Hg) zu arbeiten, so daß also im Beobachtungsraum praktisch nur Moleküle der untersuchten Substanz vorhanden sind. Das Trägergas hat demnach jetzt lediglich die Aufgabe, außerhalb des Beobachtungsraumes ($A\,B$, Fig. 1) bis zu den Elektroden die Entladung aufrechtzuerhalten. Was die benutzten Stromstärken anbetrifft, so ist es verständlich, daß mit steigender Stromstärke die Temperatur im Entladungsraum höher wird, was einen Zerfall der Moleküle durch Temperatur zur Folge haben muß. Es ist also zweckmäßig, bei möglichst geringer Stromstärke zu beobachten. Wir haben Stromstärken von 5–10 mA für geeignet gefunden (bei höheren Stromstärken nehmen die Intensitäten kaum zu, es zeigen sich nur innerhalb des Spektrums Intensitätsverlagerungen, die durch die Erhöhung der Temperatur im Entladungsraum bedingt sind). Außerdem treten die Grenzkontinua verstärkt auf.

Hinsichtlich der verschiedenen Auswirkungen des Trägergases auf die erhaltenen Spektren sei auf Fig. 6, Spektrum 1 (Tafel VII), hingewiesen. Es handelt sich um das Spektrum des Benzonitrils —CN. Das Spektrum ist, wie alle weiteren hier wiedergegebenen Spektren, mit einem mittleren Hilger-Quarzspektographen aufgenommen und entsprechend vergrößert (im vorliegenden Fall etwa 2,5fach). Benzonitril, eine Substanz, wo im Benzol ein H-Atom durch CN ersetzt ist, ist deswegen sehr geeignet, weil, falls ein Zerfall des Benzonitrilmoleküls in der Entladung stattfindet, der Substituent CN wegen seiner leichten Anregung und der günstigen Lage seines Spektrums (Gegend $\lambda = 4200$–3500 ÅE) sofort bemerkt wird. Das Emissionsspektrum des Benzonitrils, das bei $\lambda = 2737$ ÅE beginnt, wie auf Spektrum 1 zu sehen ist, erstreckt sich nach Rot. Zur Orientierung ist das Hg-Spektrum mit aufgenommen worden, beim Spektrum a wurde Kr, beim Spektrum b H_2 als Trägergas benutzt. Der Vergleich des Spektrums b mit dem Spektrum a zeigt eindringlich, wie stark die Intensität der Zyanbanden $\lambda = 4216$, 3883, 3590 ÅE abgenommen hat. Dabei ist besonders zu berücksichtigen, daß CN bereits in geringster Menge sich spektroskopisch bemerkbar macht. Wir haben also hier die Möglichkeit, und das hat sich auch bei allen anderen Substanzen bisher ergeben, ein praktisch reines Emissionsspektrum zu erhalten, wenn H_2 als Trägergas benutzt wird, während man mit Kr neben dem Emissionsspektrum des C_6H_5CN auch das Spektrum des Substituenten beobachtet. Ein anderes Beispiel für die Erzeugung eines reinen Spektrums mit H_2 als Träger-

gas zeigt Fig. 7, Spektrum 2 (Tafel VII). Hier ist Azeton $CH_3 \cdot CO \cdot CH_3$ aufgenommen worden. Im Spektrum a mit *Kr* als Trägergas erscheinen stark die *CO*-Banden[3]), während im Spektrum b nur das Kontinuum mit dem Maximum $\lambda \sim 4358$ ÅE zu sehen ist. Die übrigen Linien rühren vom *Hg*-Vergleichsspektrum her. Eine solche starke Unterdrückung der *CO*-Banden, wie aus dem Spektrum b ersichtlich, ließ sich aber nicht allein durch geringsten Wasserstoffdruck und kleinste Stromstärken erreichen, sondern wir mußten erst etwas Aktivkohle in die Kühlfallen *C* (Fig. 1) bringen. Die Kohle wird wie üblich vor Beginn des Versuches durch Erhitzen in der Entladungsröhre im Vakuum entgast; denn bekanntlich wird *CO* bei der Temperatur der flüssigen Luft in den Kühlfallen kaum absorbiert. Es reichert sich vielmehr im Laufe der Entladung an. Durch Benutzung der Aktivkohle ist es nun möglich, auch von allen organischen Substanzen, die Sauerstoff enthalten, reine Emissionsspektren zu beobachten.

Der Befund, weitgehendst reine Emissionsspektren von organischen Substanzen zu erzeugen — hier mit zwei Beispielen belegt —, bedeutet nichts anderes als die prinzipielle Möglichkeit, den „Primärprozeß" der Wirkung von Elektronen auf die unzerstörten Moleküle zu beobachten. Wir werden also alle reinen Spektren zu deuten haben als die Erscheinung eines elementaren Vorganges bei der Anregung des Moleküls durch Elektronenstoß, d. h. wir können unter Heranziehung der Absorptionsspektren zumindest qualitative Aussagen über den Verlauf der Potentialkurven verschiedener Elektronenzustände der untersuchten organischen Substanzen machen (siehe weiter unten, Abschnitt Ketone). Im Gegensatz dazu sind bei Krypton als Trägergas auch „Sekundärprozesse" zu beobachten. Die Moleküle werden in der Glimmentladung teilweise zerstört, was aus den Spektren der Molekültrümmer zu ersehen ist.

3. Einzelbeispiele

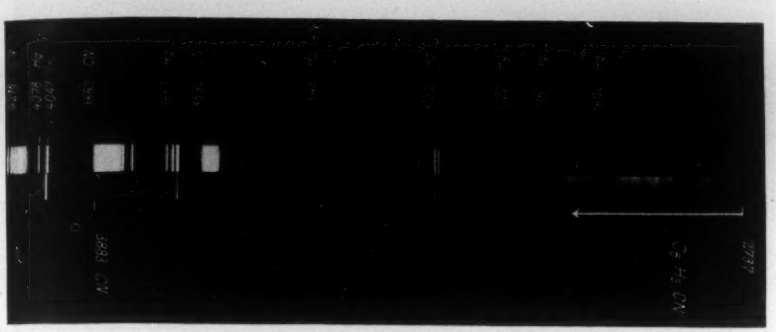
Wir wollen im folgenden die obigen Darstellungen an Hand einiger Beispiele näher erläutern und erweitern:

Benzol. In Fig. 8, Spektrum 3 (Tafel VII), sind drei Benzolspektren wiedergegeben:

a) Mit *Kr* und 80 mA Stromstärke, 10 Minuten Belichtungszeit,
b) mit *Kr* und 20 mA Stromstärke, 60 Minuten Belichtungszeit, und
c) mit H_2 und 6 mA Stromstärke, 30 Minuten Belichtungszeit.

Spektrum c trägt das Quecksilbervergleichsspektrum. Während in c beim Leuchten mit H_2 kein Wasserstoffspektrum zu sehen ist, sind im Spektrum a und b noch Kryptonlinien zu erkennen. Aus den angegebenen Belichtungszeiten ist zu ersehen, daß, wie oben bereits erwähnt, die Emissionsspektren auch bei geringerer Stromstärke nicht schwächer herauskommen als bei den der Belichtungszeit entsprechenden Aufnahmen mit größerer Stromstärke, wie es beispielsweise bei den anorganischen Molekülen der Fall ist. Spektrum a zeigt im Anschluß an die Banden über $\lambda = 3081$ ÅE hinaus ein Kontinuum, dessen Maximum bei $\lambda \sim 3600$ ÅE liegen mag. Bei dem Spektrum b ist ein schwacher Untergrund angedeutet, während im Spektrum c außer den Banden nichts mehr zu sehen ist. Außerdem fällt auf, daß die Bandenkanten in b und vor allen Dingen in c besonders ausgeprägt sind. Weiter sieht man, daß der Bandenverlauf zwischen zwei Hauptgruppen, z. B. zwischen $\lambda = 2667$ und 2739, 2740 ÅE, bei schwachen Stromstärken schneller an Intensität verliert als bei großen Stromstärken; das tritt noch deutlicher hervor in Fig. 9, in der die Photogramme für 6 mA in Wasserstoff und 80 mA in Krypton wiedergegeben sind. Dieses Verhalten hängt offensichtlich mit der Änderung der Temperatur bei 6 mA und 80 mA Stromstärke zusammen. Aus dem gleichen Grunde sind auch bei 6 mA die Bandenköpfe ausgeprägter. Bemerkenswert ist auch, daß die Hauptbanden bei $\lambda = 2667$, 2739 und 2740 ÅE bei 6 mA etwa gleiche Intensität haben, während bei 80 mA die Intensität von $\lambda = 2667$ ÅE merklich abgenommen hat. Schließlich sei noch auf die Banden $\lambda = 2718$, 2720 und 2722 ÅE hingewiesen, die bei 6 mA deutlich hervortreten, während sie bei 80 mA noch nicht festgestellt werden können. Im Anschluß

3) In der Arbeit Nr. I wiesen wir darauf hin, daß in unserem Azetonspektrum, in *Kr* als Trägergas aufgenommen, außer den bekannten *CO*-Banden noch Banden auftreten, die eine dem *CO* ähnliche Struktur hatten. Wir haben einige Wellenlängen dieser Banden angegeben und vermutet, daß es sich um bisher unbekannte *CO*-Banden handele, da die dort auftauchenden Differenzen mit den Schwingungsdifferenzen eines *CO*-Terms übereinstimmen. Bei der Wiederholung des Versuches mit der neuen Röhre konnten wir diese Banden nicht mehr finden. Nun machte uns Herr R. Schmid, Budapest, freundlicherweise darauf aufmerksam, daß unsere Wellenlängen mit denen der zweiten positiven N_2-Banden übereinstimmen. Wir sind überzeugt, daß wir damals Spuren von N_2 in der Entladungsröhre gehabt haben müssen. Aber sie sind so gering gewesen, daß wir von den N_2-Banden im Sichtbaren nichts bemerkt haben. Da wir vor jeder Untersuchung die Apparatur auf Dichtigkeit prüfen, sind wir gar nicht auf den Gedanken gekommen, daß N_2 in Frage kommen könnte.



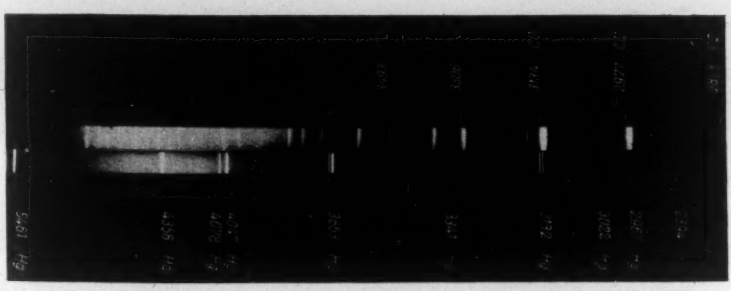
Benzonitril

Glimmentladung

a) mit Kr

b) mit H_2

Fig. 6. Spektrum 1.



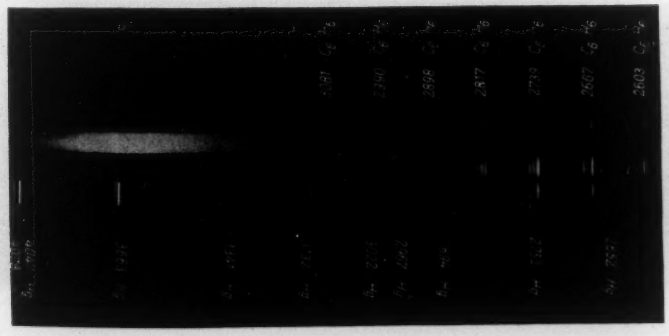
Aceton

Glimmentladung

a) mit Kr

b) mit H_2

Fig. 7. Spektrum 2.



Benzol

a) mit Kr 80m A

b) mit Kr 20m A

c) mit H_2 6m A

Fig. 8. Spektrum 3.

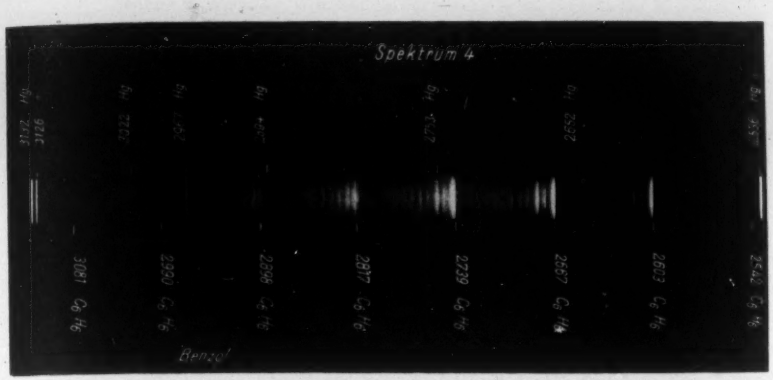


Fig. 10. Spektrum 4.

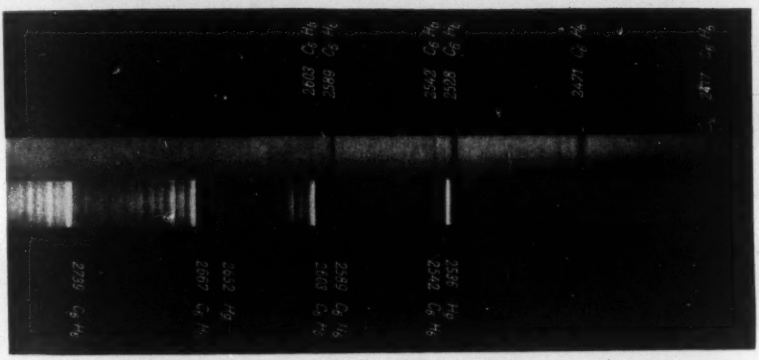


Fig. 12. Spektrum 5.

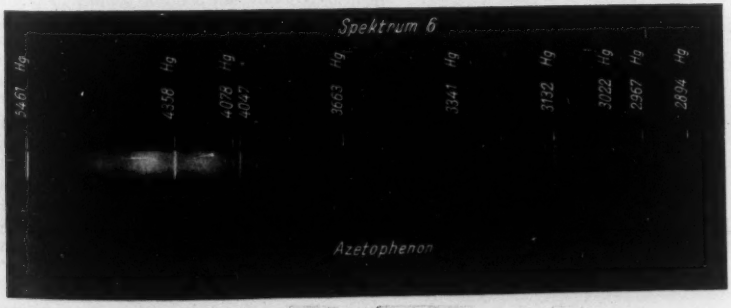


Fig. 14. Spektrum 6.

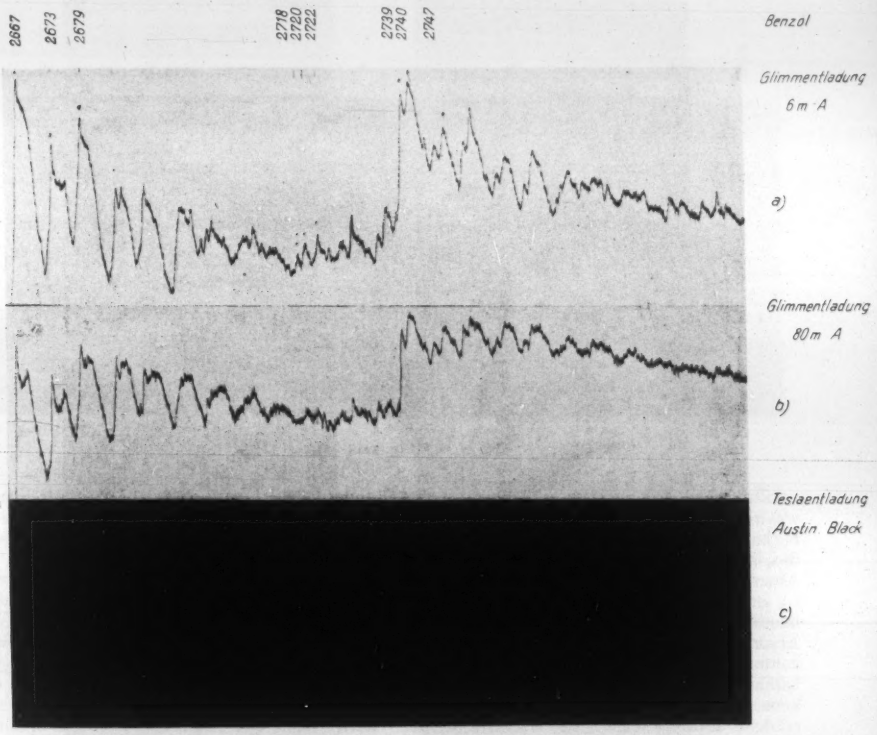


Fig. 9.

an unsere Photometerkurven geben wir noch in Fig. 9 in Photogramm c die von Austin und Black veröffentlichte Photometerkurve[4]), die den gleichen Ausschnitt aus dem Benzolspektrum darstellt, wieder. Um die Photometerkurven vergleichen zu können, haben wir die Vergrößerung unserer Photometerkurven dem Bild von Austin und Black ungefähr angepaßt. Die beiden amerikanischen Verfasser haben ihr Benzolspektrum durch Teslaentladung angeregt, und da sie ebenfalls einen mittleren Hilger-Spektrographen benutzt haben, so ergibt sich hier die Möglichkeit, das Spektrum der beiden Lichtquellen miteinander zu vergleichen. Wir sehen vor allem beim Vergleich mit der Glimmentladung von 6 mA, daß die Glimmentladung wesentlich mehr Einzelheiten liefert als die Teslaentladung, besonders sind bei dieser Art der Anregung die schmalen Spitzen der Bandenkanten vollständig verschwunden. Hier hat sich noch mehr als bereits im Spektrum b mit 80 mA der Intensitätsunterschied zwischen den Banden $\lambda = 2667$, 2739 und 2740 ÅE geändert, so daß man daraus schließen kann, daß bei der Teslaentladung die Anregung organischer Substanzen wesentlich ungünstiger ist. Es besteht, wie unsere Photogramme bereits andeuten, vielleicht die Möglichkeit, mit Hilfe eines großen Gitters die feinere Struktur der Hauptbandenkanten aufzulösen.

Um noch einen besseren Eindruck von dem Benzolspektrum zu erhalten, haben wir in Fig. 10, Spektrum 4 (Tafel VIII), das Benzolspektrum in H_2 mit 6 mA, 30 Minuten Belichtungszeit in etwas stärkerer Vergrößerung wiedergegeben; während in Fig. 11 eine Photometerkurve mit 20facher Vergrößerung der Bandengruppe, die sich an $\lambda = 2667$ anschließt, reproduziert ist.

4) J. B. Austin und I. A. Black, Phys. Rev. **35** (I), 452, 1930.

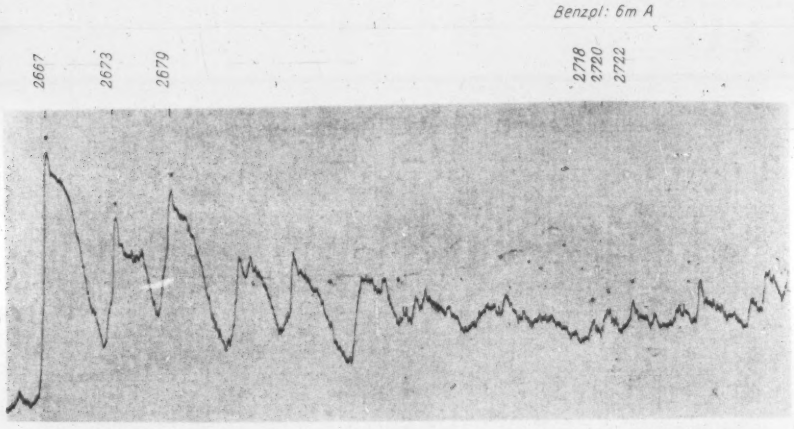


Fig. 11.

Zur Frage, was man nun in Absorption und was man in Emission beim Benzol in der Gasphase beobachtet, ist in Fig. 12, Spektrum 5 (Tafel VIII), das in Frage kommende Spektralgebiet a) für Absorption, b) für Emission wiedergegeben. Es ist eine schwache Absorption gewählt worden, damit die Intensitätsunterschiede innerhalb des Absorptionsspektrums möglichst deutlich herauskommen. In beiden Spektren sind die Hauptbandenkanten λ 2603 und 2542 deutlich zu erkennen. Aber während 2603 neben 2667 die stärkste Emissionsbande ist, erscheint in der Absorption die Bandenfolge λ 2589, 2528, 2471, 2417 wesentlich stärker. In Emission erhalten wir bei starker Belichtung zwar auch noch 2589, 2528, 2471, aber der Abfall nach Violett zu ist so stark, daß selbst bei sehr starken Belichtungen die Bande λ 2471 nur gerade noch angedeutet erscheint. Die Tatsache, daß beim Benzol die stärkste Emissions- und die stärkste Absorptionsbande nicht zusammenfallen, ist bemerkenswert; denn man sollte von vornherein erwarten, daß diese beiden Hauptbanden zusammenfallen, wie wir es auch bei anderen Spektren, z. B. beim Toluol, beobachtet haben. Wenn es damit zusammenhängt, daß beim Benzol das vorliegende Spektrum einem verbotenen Elektronenübergang entspricht[5]), dann muß der entsprechende Elektronenübergang dort, wo Hauptabsorption und Hauptemission zusammenfallen, z. B. beim Toluol $C_6H_5 \cdot CH_3$, erlaubt sein. Die Lage des Absorptions- und Emissionsspektrums zueinander läßt sich aus nebenstehendem vereinfachten Niveauschema (Fig. 13) erklären. Man sieht daraus, daß bei der Emission die Hauptbanden im Violetten liegen und nach Rot verlaufen, wo sich dann ein Grenzkontinuum, das wir bei verschiedenen Substanzen schon beobachtet haben, anschließt. Diese Grenzkontinua erstrecken sich zuweilen noch beträchtlich in das eigentliche Bandengebiet hinein. In der Absorption deckt sich der langwellige Teil mit dem violetten der Emission. Die Banden verlaufen dann weiter nach Violett und enden dort ebenfalls in einem Kontinuum. Das Niveauschema zeigt, daß bei der Absorption vorwiegend die Schwingungen des angeregten Zustandes in Erscheinung treten, während in der Emission die Schwingungszustände des Elektronengrundzustandes beobachtet werden. Es besteht also die Möglichkeit, mit Hilfe des Emissionsspektrums Anschluß zu gewinnen an die Befunde der Raman-Spektren und Ultrarotabsorptionsspektren.

Chlorbenzol. — $-Cl$. In der neuen Anordnung haben wir die Aufnahmen mit Chlorbenzol in H_2 als Trägergas wiederholt. Die in Arbeit Nr. I beobachteten CO-Banden treten, wie zu erwarten, nicht auf. Aber auch die schwachen diskreten Banden im Gebiet λ 2350 bis 2230 ÅE und die starken Kontinua mit einem Maximum bei λ 2520 und einem anderen Maximum bei 2220 verschwinden. Daraus folgt also, daß diese Spektren, wie oben bereits auseinandergesetzt, von einem Sekundärprozeß herrühren müssen. Es kommen dafür voraussichtlich das HCl- oder das Cl_2-Molekül in Frage. Wir haben inzwischen

5) A. L. Sklar, Journ. Chem. Phys. **5**, 669, 1937.

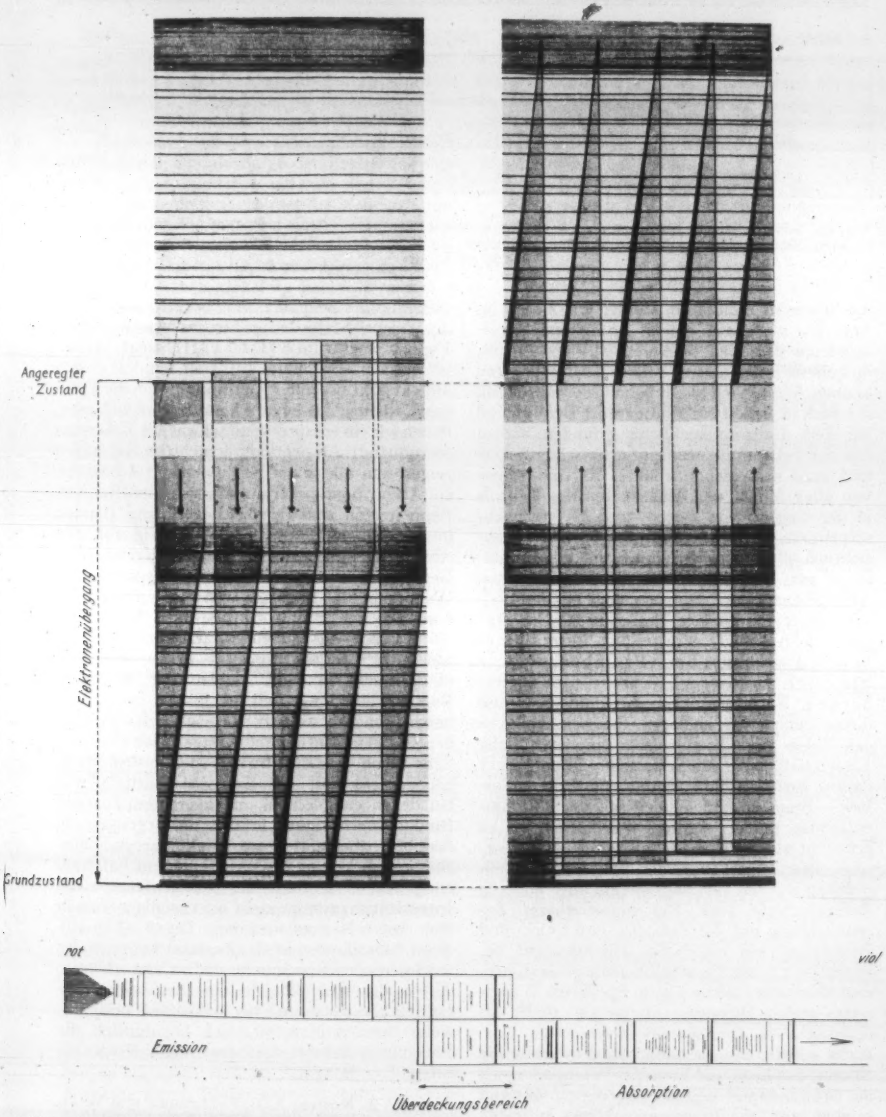


Fig. 13. Stark schematisierte Wiedergabe eines Schwingungstermschemas für Grundzustand und einen angeregten Elektronenzustand. Emission links, Absorption rechts. Die Übergangsmöglichkeiten von einem Schwingungsniveau zu den verschiedenen Schwingungsniveaus des anderen Elektronenzustandes sind durch eine dünner werdende schräge Linie angedeutet. Unter dem Niveauschema sind ebenfalls — stark schematisiert — das dazugehörige Emissions- und Absorptionsspektrum eingezeichnet. Beide Spektren überdecken sich in einem bestimmten Bereich.

Fig. 15. Schematisierte Emissions- und Absorptionsspektren vom Azeton und Azetophenon. Die senkrechten Striche sollen diskrete Banden andeuten, die horizontale Schraffierung Lage und Verlauf des Kontinuums.

die diskreten Banden im Gebiet von λ 2350 bis 2230 ÅE auch auf einem Aluminiumchloridspektrum gefunden, was ebenfalls ausschließt, daß diese Banden dem Chlorbenzol zugehören können. Wesentlich bleibt beim Chlorbenzol also der auch in Arbeit Nr. I mitgeteilte Befund, daß wir kein Emissionsspektrum gefunden haben, das der bekannten Absorption zwischen λ 2760 und 2420 entsprechen könnte. Es sind bisher von allen Mono- und Diderivaten des Benzols in der Gegend von λ 2300–3000 ÅE stets Absorptionsbanden gefunden worden, die offensichtlich alle der gleichen Anregung des Benzolringes zuzuordnen sind. Wir finden auch diesen Absorptionsspektren entsprechend bei den meisten Derivaten analoge Emissionsbanden. Dagegen können wir, wie gesagt, beim Chlorbenzol und ebenso beim Brombenzol diese Spektren in dieser Gegend nicht entdecken. Nach dem oben Geschilderten muß dieses Fehlen der analogen Emissionsspektren des Chlor- und Brombenzols eine spezifische Eigenschaft dieser Moleküle sein und darf nicht darauf zurückgeführt werden, daß alle Chlor- bzw. Brombenzolmoleküle in der Glimmentladung zerstört werden, was auch nicht zu erwarten ist, da die Bindungsenergien für Chlor- bzw. Brombenzol von der gleichen Größenordnung wie die Bindungsenergie aller anderen Benzolderivate sind. Ein unmittelbarer Zusammenhang mit der Tatsache, daß Chlor- und Brombenzol ein merkliches Dipolmoment besitzen ($-1{,}5 \cdot 10^{-18}$), scheint nicht zu bestehen, weil Benzonitril (siehe Fig. 6, Spektrum 1) trotz seines großen Dipolmoments ($-3{,}9 \cdot 10^{-18}$) das entsprechende Emissionsspektrum zeigt. Vorläufig scheint uns die einfachste Erklärung die zu sein, daß Lage und Form der Potentialkurven im Grundzustand und im angeregten Zustand so sind, daß kein Emissionsspektrum auftreten kann.

Ketone: Azeton $CH_3 \cdot CO \cdot CH_3$, Azetophenon $C_6H_5 \cdot CO \cdot CH_3$. Unsere Aufnahmen mit Azeton und Azetophenon ergaben folgendes: Wie Fig. 7, Spektrum 2, zeigt, hat Azeton ein Kontinuum mit einem Maximum bei etwa λ 4358. An der gleichen Stelle des Spektrums weist auch, wie Fig. 14, Spektrum 6 (Tafel VIII), zeigt, Azetophenon ein Kontinuum auf. Hier handelt es sich um ein fluktuierendes Kontinuum. Um die Fluktuation in der Wiedergabe heraustreten zu lassen, haben wir ein entsprechend schwaches Spektrum reproduziert. Absorptionsversuche an Ketonen[6]) zeigen nun alle in der Nachbarschaft λ 3000 ÅE ein Absorptionsspektrum mit diskreten Banden. Beim Azeton zum Beispiel liegen diese Banden im Bereich von λ 3270–3000 ÅE (Fig. 15). Die Absorption in diesem Bereich wird allgemein der Gegenwart der $C{=}O$-Gruppe zugeschrieben. Wenn nun die Emission und diese Absorption vom gleichen Elektronenzustand[7]) herrühren, dann würde das bedeuten, daß bei den Ketonen die größte Intensität in der Emission nicht mehr in dem Gebiet der diskreten Banden liegt, wie wir es bisher beobachtet haben, sondern weit in das nach Rot anschließende Grenzkontinuum verlagert ist. Es läge dann nach Finkelnburg[8]) der bisher nicht beobachtete Fall von Emissionskontinua vor, bei denen ein Molekül im angeregten Zustand Bindungsverfestigung erfährt im Gegensatz zu dem bisher bekannten, wo Molekülanregung eine Bindungslockerung bewirkt. In diesem Fall muß entsprechend der Lage der Kernabstände r das Intensitätsmaximum mehr oder weniger weit in dem roten Grenzkontinuum liegen (Fig. 16). Beim Azetophenon ist das Zustandekommen des fluktuierenden Kontinuums dadurch zu erklären, daß in der Kernnähe die eine der beiden Potentialkurven etwas flacher verläuft als beispielsweise beim Azeton, wodurch bekanntlich die Fluktuation erklärt wird (vgl. auch Finkelnburg, l. c., S. 135).

6) W. A. Noyes, A. B. F. Duncan und W. M. Manning, Journ. Chem. Phys. **2**, 717, 1934.

7) Diese Frage wird sich bei der Untersuchung weiterer Ketone vor allen Dingen durch Aufnahmen im Schumann-Gebiet entscheiden lassen.

8) Kontinuierliche Spektren. Struktur und Eigenschaften der Materie, Bd. 20, S. 149. Verlag Springer, 1938.

Wir haben an einigen Beispielen gezeigt, daß es uns experimentell gelungen ist, praktisch reine Emissionsspektren organischer Substanzen zu erzeugen, d. h. Spektren zu beobachten, die lediglich durch eine Anregung der Moleküle mittels Elektronenstoß entstehen. Eliminiert sind die Spektren, die als Folge der Zerstörung der Moleküle als Sekundärprozeß auftreten. Wie sich hier bereits andeutet, eröffnet der Vergleich von Emissions- und Absorptionsspektren eine neue Möglichkeit, weiter in die Molekularphysik der organischen Substanzen einzudringen, da es sich herausgestellt hat, daß hier Emission und Absorption nicht identisch sind. Nach unseren bisherigen Erfahrungen scheint es uns interessant,

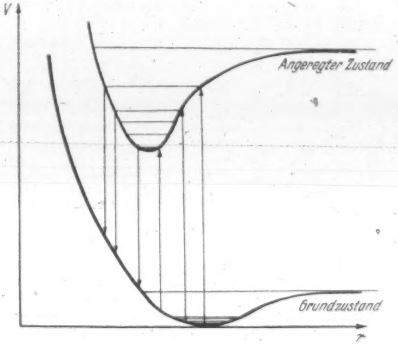


Fig. 10. Verlauf der Potentialkurven für Grundzustand und angeregten Zustand beim Azeton und Azetophenon. Er ergibt sich aus Befunden am Emissions- und Absorptionsspektrum. Das Minimum der oberen Kurve liegt bei kleineren r als das Minimum der unteren Kurve, d. h. Bindungsverfestigung im angeregten Zustand.

auch einmal die Anregung organischer Substanzen im Molekularstrahl durch einen Elektronenstrahl geringer und möglichst homogener Geschwindigkeit zu untersuchen. Versuche in dieser Richtung sind im Gange. In einer weiteren Arbeit sollen die Resultate mitgeteilt werden, die wir bei der Untersuchung bei weiteren Derivaten des Benzols erhalten haben. Auch hier wird sich zeigen, daß die Emissionsspektren über die Absorption hinausgehend neue Gesichtspunkte liefern. Unsere bisherigen Befunde lassen bereits erkennen, daß die Anregung organischer Moleküle durch Elektronenstoß mehr den Vorgängen bei chemischen Reaktionen entsprechen wird als die Absorption.

Die für die Untersuchungen benötigten Edelgase hat uns die Firma Griesogen, Frankfurt a.M., freundlicherweise kostenlos zur Verfügung gestellt.

Der Deutschen Forschungsgemeinschaft sind wir nicht nur für die Bereitstellung von Apparaten zu Dank verpflichtet, sondern auch für die Bewilligung weiterer Geldmittel.

Die Untersuchung wurde mit dankenswerter Unterstützung der I.G. Farbenindustrie, Ludwigshafen, durchgeführt.

Berlin-Dahlem, den 18. September 1941.

(Eingegangen 4. Oktober 1941)

Über die Intensitätsverteilung in Elektronenstrahl-Querschnitten

Von J. Dosse und H. v. Schelling

(Aus dem Laboratorium für Elektronenoptik der Siemens & Halske A.G.)

Mit Tafel IX, X

1. Einleitung

Die allgemeine optische Abbildung hat die Eigenschaft[1]), daß sich niemals alle vom Dingpunkt ausgehenden Strahlen in einem Bildpunkt wieder vereinigen. Vielmehr treten durch den Schnitt benachbarter Strahlen Häufungsstellen der Intensität auf, deren Gesamtheit im allgemeinen zwei einander durchdringende Hüllflächen höherer Ordnung, die Brennflächen oder Kaustikflächen, bildet. In der Nähe des erwarteten Bildpunktes entsteht daher ein verhältnismäßig kleiner, aber doch endlicher Strahlenbündelquerschnitt, in dem eine recht verwickelte Verteilung der Intensität herrscht. Diese Intensitätsverteilung ist für die optische Abbildung durch Glaslinsen mittels Lichtstrahlen schon früh berechnet[2]) und unseres Wissens experimentell erstmals von Gullstrand[3]) gezeigt worden. Die Übertragung und Erweiterung der optischen Berechnungsverfahren auf die Elektronenoptik verdanken wir im wesentlichen Glaser[4]). Auch Versuche liegen bereits vor, und

1) Vgl. z. B. L. Seidel, Astronom. Nachr. **43**, 289, 1856; S. Finsterwalder, Abh. d. mathem.-phys. Klasse d. Kgl. Bayr. Akad. d. Wiss. **17** (3), 519, 1892; A. Gullstrand, Die reelle optische Abbildung, Berlin 1906; Das allgemeine optische Abbildungssystem, Berlin 1915.

2) S. Finsterwalder, a. a. O., insbesondere S. 554 ff. und Tafel II.

3) A. Gullstrand, Naturwiss. **14**, 653, 1926; a) insbesondere Tafel II; b) insbesondere Tafel III.

4) W. Glaser, Ann. d. Phys. **18**, 557, 1933; Zeitschr. f. Phys. **80**, 451, 1933; **81**, 647, 1933; **83**, 104, 1933.

zwar haben Diels und Knoll[5]) sowie Diels und Wendt[6]) die verschiedenartigen Abweichungen dritter Ordnung vom idealen Strahlengang an Magnetlinsen größerer Brennweite experimentell dargestellt, soweit die enge Verknüpfung der einzelnen „Bildfehler" miteinander eine solche Trennung überhaupt zuläßt. Später haben Becker und Wallraff[7]) ebenfalls durch Magnetlinsen größerer Brennweite erzeugte Strahlquerschnitte photographieren können, die in Form und Intensitätsverteilung überraschend gut mit den von Gullstrand[3a]) gezeigten Strahlquerschnitten übereinstimmen. Es handelt sich dabei allerdings um einen Sonderfall der astigmatischen Abbildung, nämlich derjenigen, die von achsenfernen Dingpunkten durch Strahlenbündel sehr geringer Öffnung vermittelt wird.

Rechnerische und experimentelle Untersuchungen über die Intensitätsverteilung im allgemeinen Fall der elektronenoptischen Abbildung sind unseres Wissens bisher noch nicht unternommen worden. Bedeutsam erschienen sie aber besonders im Hinblick auf die Verhältnisse bei den starken Magnetlinsen, die man für die hochauflösenden Mikroskope verwendet, weil beim Mikroskopieren meist relativ große Aperturblenden benutzt werden. Zudem treten außer den in der Optik bekannten fünf Abweichungen dritter Ordnung — Öffnungsfehler, Koma, Astigmatismus, Bildwölbung und Verzeichnung —, wie Glaser[8]) gezeigt hat, durch die Schraubung der Strahlen im Magnetfeld drei weitere Abweichungen, die „Zerdrehungsfehler", auf. Nach der Art ihrer Abhängigkeit von Dingpunktsabstand und Blendengröße (bzw. Strahlenbündelöffnung) lassen sie sich als anisotrope Koma, anisotroper Astigmatismus und anisotrope Verzeichnung[9]) in das Schema der übrigen (isotropen) Abweichungen einordnen.

5) K. Diels und M. Knoll, Zeitschr. f. techn. Phys. **16**, 617, 1935.

6) K. Diels und G. Wendt, Zeitschr. f. techn. Phys. **18**, 65, 1937.

7) H. Becker und A. Wallraff, Arch. f. Elektrotechnik **33**, 491, 1939; insbesondere Bild 8 und 9.

8) W. Glaser, Zeitschr. f. Phys. **81**, 647, 1933; **97**, 177, 1935.

9) Vgl. die Aufsätze von W. Glaser sowie von K. Diels und G. Wendt in „Beiträge zur Elektronenoptik", herausgegeben von H. Busch und E. Brüche. Leipzig, Barth, 1937.

Im Anschluß an die Untersuchungen Glasers haben wir daher für einen einzelnen Fall die Intensitätsverteilung berechnet und entsprechende Untersuchungen an einem Übermikroskopobjektiv angestellt. Wir berichten über die ziemlich umständlichen Berechnungen etwas näher, soweit es zum Verständnis der Begriffe und des Rechnungsganges notwendig ist; im einzelnen müssen wir selbstverständlich auf das Schrifttum verweisen.

2. Berechnung der Intensitätsverteilung

Das rechtwinklige Koordinatensystem wird so gewählt, daß die z-Achse mit der optischen Achse zusammenfällt und der achsenferne Dingpunkt P_0 die Koordinaten $x = x_0$, $y = 0$, $z = 0$

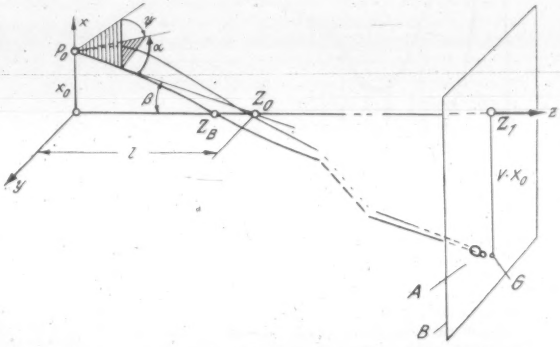


Fig. 1. Strahlengang im Koordinatensystem x, y, z. P_0 Dingpunkt, G Gaußscher Bildpunkt; A Aberrationskurve in der Bildebene B.

erhält (Fig. 1). Die Fortschreitungsrichtung der Elektronen bestimmt den positiven Sinn der z-Achse, die drei Achsen bilden ein Rechtssystem. Vom Dingpunkt P_0 geht ein enges Bündel von Elektronenstrahlen aus. Der halbe Öffnungswinkel, oder kurz „die Öffnung" des Strahlenkegels, ist α, die Bündelachse soll auf den Punkt Z_0 der optischen Achse zielen[10]) und mit dieser einen Winkel vom Betrage β einschließen, der stets sehr klein ist. Nach Fig. 1 kann man also

$$x_0 = l \cdot \operatorname{tg} \beta \approx l \cdot \beta \qquad (1)$$

10) Bei den vorliegenden Betrachtungen denken wir uns die im Magnetfeld auftretende Strahlendrehung um die Achse eliminiert (vgl. z. B. C. Störmer, Ann. d. Phys. **16**, 685, 1933, oder J. Dosse, Zeitschr. f. techn. Phys. **17**, 315, 1936). Im wirklichen Felde ist z. B. die Richtung der Bündelachse windschief zur optischen Achse, entsprechend der Drehgeschwindigkeit des Elektrons um diese Achse.

schreiben. Die beiden Größen l und β treten später als getrennte Parameter auf. Es ist dabei aber stets zu beachten, daß bei festgehaltenem Dingpunkt die Werte von l und β durch die Beziehung (1) gekoppelt sind. Von Z_0 wohl zu unterscheiden ist der Schnittpunkt Z_B der im Felde der Linse krummlinig verlaufenden Bündelachse[10]) mit der optischen Achse. In Z_B kann man sich eine kreisförmige, zur optischen Achse zentrische Blende angebracht denken, die das betrachtete Strahlenbündel der Öffnung α aus einem Strahlenkegel größerer Öffnung ausschneiden würde. Legt man an einen beliebigen Strahl des Bündels und an die Bündelachse in P_0 eine Tangentialebene, so bildet diese mit der Ebene $y = 0$ einen Winkel ψ, der zusammen mit der Öffnung α den einzelnen Strahl eindeutig festlegt.

Ist speziell $x_0 = 0$, der Dingpunkt P_0 also auf der optischen Achse gelegen, so schneiden sich die von P_0 auslaufenden achsennahen Elektronenbahnen im Grenzfall $\alpha \to 0$ im Punkte $z = z_1$ wieder auf der Achse. Die so bestimmte Ebene $z = z_1$ bezeichnen wir als die „Gaußsche Bildebene" oder die „Bildebene" schlechthin. Denkt man sich die Dingebene $z = 0$ ähnlich mit der linearen Vergrößerung V auf diese Bildebene $z = z_1$ abgebildet, so hätte der dem Dingpunkt $(x_0, y_0, 0)$ zugeordnete Gaußsche Bildpunkt die Koordinaten $(V x_0, V y_0, z_1)$. Wird jedoch die Abbildung eines achsenfernen Dingpunktes P_0 durch einen Strahlenkegelmantel der Öffnung α vermittelt, so schneiden diese Strahlen die Bildebene in der Nähe des Punktes G (Fig. 1) in einer geschlossenen Linie, die als „Aberrationskurve" bezeichnet wird. Die Gesamtheit der Aberrationskurven für alle α-Werte von Null bis zur größtmöglichen Öffnung des Strahlenkegels bestimmt die Intensitätsverteilung im Strahlenbündel bei G, wobei die von P_0 ausgehende Strahlung über α noch ganz beliebig verteilt sein kann. Die Aberrationskurven pflegt man so zu beschreiben, daß man die Abweichungen δx und δy vom Gaußschen Bildpunkt angibt. Die Gleichungen schreiben wir in folgender Gestalt[11]):

$$\left.\begin{aligned} \delta x = \xi &= \beta^3 \left[p_0(\psi) \cdot \left(\frac{\alpha}{\beta}\right)^3 + p_1(l;\, \psi) \cdot \left(\frac{\alpha}{\beta}\right)^2 + p_2(l;\, \psi) \cdot \left(\frac{\alpha}{\beta}\right) + p_3(l) \right] \\ \delta y = \eta &= \beta^3 \left[q_0(\psi) \cdot \left(\frac{\alpha}{\beta}\right)^3 + q_1(l;\, \psi) \cdot \left(\frac{\alpha}{\beta}\right)^2 + q_2(l;\, \psi) \cdot \left(\frac{\alpha}{\beta}\right) + q_3(l) \right] \end{aligned}\right\} \qquad (2)$$

Die Abweichungen δx, δy sind durch Division mit der Vergrößerung V auf die Dingebene umgerechnet. Die Ausdrücke p_i und q_i hängen außer von den Bestimmungsstücken des abbildenden Feldes von den angeschriebenen Parametern ab; sie sind insbesondere ganze Funktionen i-ten Grades von l. Jeweils der erste Summand in den beiden Gleichungen betrifft den Öffnungsfehler, der zweite die Koma, der dritte Astigmatismus und Bildwölbung, der letzte schließlich die Verzeichnung. Für sich betrachtet, ergeben bei konstantem l und β die Kurven $\alpha = \text{const}$ für den Öffnungsfehler und die Koma Kreise, für den Astigmatismus eine Ellipse. Das Achsenverhältnis der Ellipse variiert mit l, für einen bestimmten l-Wert entartet die Ellipse in die doppelt durchlaufene Hauptachse. Die Verzeichnung ist von α und ψ unabhängig.

Die vier Gruppen von Abweichungen überlagern sich in so verwickelter Weise, daß es trotz Zeichnung zahlreicher Aberrationskurven $\alpha = \text{const}$ nicht möglich gewesen ist, aus diesen Kurven irgendwelche Schlüsse auf die Intensitätsverteilung zu ziehen. Ein anderer Weg mußte also gefunden werden. Um jedoch den bereits gewonnenen Boden nicht aufgeben zu müssen, schien es ratsam, wiederum die Aberrationsformeln (2) zum Ausgangspunkt zu nehmen. Unser Vorgehen unterscheidet sich dadurch von dem (uns damals noch nicht bekannten) Verfahren von Finsterwalder (a. a. O.), nach welchem zunächst die Kaustikflächen mit Hilfe der Seidelschen Formeln aus den einzelnen Strahlen rechnerisch aufgebaut werden.

Da die Bildebene von den Elektronenstrahlen teils einfach, teils dreifach, teils sogar fünffach überdeckt wird, wollen wir von einzelnen Schichten der Bildebene sprechen, deren jede für sich einfach überdeckt sei. Die Intensität in dem vom Dingpunkt P_0 ausgehenden Strahlenkegel kann in der Form

$$J_D = J(\alpha;\, \psi) \cdot \alpha \cdot d\alpha \cdot d\psi \qquad (3)$$

angesetzt werden, die sich in einer Schicht der Bildebene gemäß

$$J_B = J_\lambda(\xi, \eta) \cdot d\xi \cdot d\eta \qquad (4)$$

11) Herr W. Glaser hatte die Liebenswürdigkeit, uns aus seinem in Vorbereitung befindlichen Buche die Formeln für die Aberrationskurven in der Form mitzuteilen, die unserer Parameterwahl $(\alpha;\, \psi;\, \beta;\, l;\, x_0)$ entspricht, wofür wir auch an dieser Stelle unseren Dank aussprechen.

verteilt. Die Gesamtintensität in der Bildebene erhält man zum Schluß aus der Gleichung

$$\bar{J}_B = \sum_{\lambda=1}^{\lambda} J_\lambda(\xi;\eta_l)\cdot d\xi\cdot d\eta_l \,. \tag{5}$$

Da die von einem Element $\alpha\cdot d\psi\cdot d\alpha$ des Strahlenkegels geführte Intensität J_D sich in dem Bereich $d\xi\,d\eta$ einer der λ-Schichten der Bildebene als Intensität J_B wiederfindet, ist bei der Rechnung von der Identität

$$J_D \equiv J_B \tag{6}$$

auszugehen. Um aus ihr Nutzen zu ziehen, hat man die Gleichung

$$d\xi\cdot d\eta = \begin{vmatrix} \frac{\partial\xi}{\partial\alpha} & \frac{\partial\xi}{\partial\psi} \\ \frac{\partial\eta}{\partial\alpha} & \frac{\partial\eta}{\partial\psi} \end{vmatrix} \cdot d\alpha\cdot d\psi = \Delta(\alpha;\psi)\cdot d\alpha\, d\psi \tag{7}$$

zu beachten, so daß mit den Gleichungen (3), (4) und (6)

$$J_\lambda(\xi;\eta_l) = \frac{J(\alpha;\psi)}{\Delta:\alpha} \tag{8}$$

folgt. Die Determinante $\Delta(\alpha;\psi)$ läßt sich aus den Aberrationsformeln berechnen. Über die Intensitätsverteilung in dem vom Dingpunkt P_0 ausgehenden Strahlenkegel muß eine Annahme gemacht werden, die aber nicht allzu schwer ins Gewicht fällt. Aus theoretischen Gründen[12] wäre eine Gaußsche Verteilung anzunehmen, die Rechnung wird aber dann zu schwierig. In erster Näherung haben wir uns damit begnügt, $J(\alpha,\psi) = \text{const}$ zu wählen. Von dem Bruch $\frac{J(\alpha;\psi)}{\Delta:\alpha}$ in Gleichung (8) ist also der Zähler konstant, der Nenner hat die Form

$$\frac{\Delta(\alpha;\psi)}{\alpha} = \beta^4\left[s_0\cdot\left(\frac{\alpha}{\beta}\right)^4 + s_1(\psi;l)\cdot\left(\frac{\alpha}{\beta}\right)^3 + s_2(\psi;l)\cdot\left(\frac{\alpha}{\beta}\right)^2 + s_3(\psi;l)\cdot\left(\frac{\alpha}{\beta}\right) + s_4(l)\right]. \tag{9}$$

Die Ausdrücke s_i hängen von den angegebenen Parametern ab, sie sind speziell Funktionen i-ten Grades in l. Die Konstante s_0 ist positiv. Ein Sonderfall tritt für den l-Wert ein, der $s_4(l)$ zum Verschwinden bringt. Es ist der gleiche Wert, der die Ellipse des Astigmatismus entarten läßt.

Setzen wir

$$\frac{\Delta}{\alpha} = \beta^4\cdot u \,, \tag{10}$$

so erhalten wir

$$J_\lambda(\xi;\eta_l) = \frac{J(\alpha;\psi)}{u}\cdot\beta^{-4} \,. \tag{11}$$

Andererseits bekommen wir durch Auflösung der Gleichung $u = \text{const}$ für jeden Wert von ψ bis zu vier positiv reelle[13] Wurzeln $\alpha_i = A_i(l,u)\cdot\beta$. Gehen wir mit diesen Lösungen in die Aberrationsformeln (2) hinein, so erhalten wir die Kurven gleicher Helligkeit in der Parameterdarstellung $\xi_i = \beta^3\cdot\mathfrak{X}(l,u)$, $\eta_{li} = \beta^3\cdot\mathfrak{Y}(l,u)$. Bei Änderung von β verhalten sich die Koordinaten der Kurven gleicher Intensität $u = \text{const}$, also wie β^3, die Intensität selbst verhält sich wie β^{-4}. Bei der Rechnung kann daher von dem Parameter β ganz abgesehen werden.

Das gleiche gilt für l, wenn dieses große Werte annimmt: Die Ausdrücke s_i sind ganze Funktionen i-ten Grades in l. Behält man in ihnen nur das Glied mit der höchsten Potenz bei und schreibt $\alpha = \alpha'\cdot l$, so ergibt sich für große l

$$\frac{\Delta}{\alpha} = \beta^4 l^4\left[s_0'\cdot\left(\frac{\alpha'}{\beta}\right)^4 + s_1'(\psi)\cdot\left(\frac{\alpha'}{\beta}\right)^3 + s_2'(\psi)\cdot\left(\frac{\alpha'}{\beta}\right)^2 + s_3'(\psi)\cdot\left(\frac{\alpha'}{\beta}\right) + s_4'\right], \tag{12}$$

worin die neuen gestrichenen Größen s_i' unabhängig von l sind. Somit verhält sich die Intensität wie $(\beta\cdot l)^{-4} = x_0^{-4}$. Genau so zeigt man, daß die Koordinaten ξ, η für große l sich proportional zu $(\beta\cdot l)^3 = x_0^3$ ändern. Die Parameter β und l spielen also für große Werte von l eine völlig gleiche Rolle. Für kleine l-Werte gilt diese Beweisführung freilich nicht mehr. Doch hat eine strenge, ohne Vernachlässigung probeweise durchgeführte Variation des für die Zahlenrechnung gewählten l-Wertes ergeben, daß bei der gewählten Größenordnung von l die Abweichungen von der geschilderten Proportionalität praktisch noch belanglos sind.

Es ist daher von geringer Bedeutung, welche Parameterwerte β und l man der Rechnung zugrunde legt. Wir haben einigen Vereinfachungen zuliebe denjenigen Wert gewählt, für den s_4 in Gleichung (9) verschwindet, d. i. $l = 1{,}215\cdot|z_f|$ (z_f ist der Abstand des Brennpunktes von der Feldmitte).

Unter den Kurven konstanter Intensität zeichnen sich die Brennlinien besonders aus, das sind die Schnittlinien der Bildebene mit den beiden Brennflächen; auf diesen verschwindet

12) J. Dosse, Zeitschr. f. Phys. **115**, 530, 1940; insbesondere S. 544 ff.

13) Diese allein sind brauchbar.

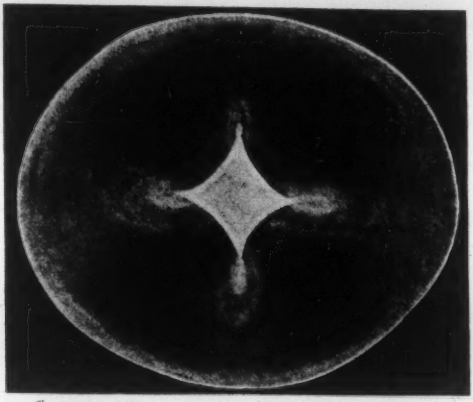


Fig. 2. Intensitätsverteilung in der Bildebene einer magnetischen Elektronenlinse, berechnet unter der Annahme einer Feldverteilung in der Linse nach Gleichung (13) bei $k^2 = 1{,}5$.

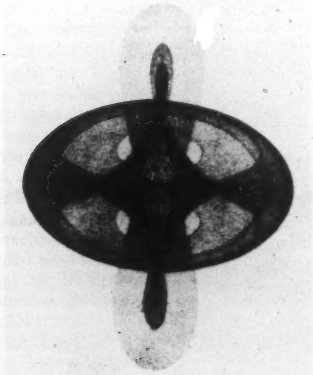


Fig. 3. Berechnete Intensitätsverteilung in der Bildebene einer Glaslinse nach S. Finsterwalder.

die Determinante Gleichung (9) und die Intensität wird unendlich. Die Brennlinien teilen die Bildebene in die Gebiete, die einfach, dreifach oder fünffach von den Elektronenstrahlen getroffen werden. Schon aus der Lage der Brennlinien kann man daher ungefähre Angaben über die Intensitätsverteilung machen.

Es muß betont werden, daß alle Ausführungen dieses Abschnittes für ein beliebiges elektrisches, magnetisches oder kombiniertes Linsenfeld gelten. Die praktische Rechnung aber hat an einen speziellen Fall anzuknüpfen. Als solcher bietet sich ein von Glaser[14]) ausführlich durchgerechnetes Magnetfeld, dessen Verlauf längs der optischen Achse der Gleichung

$$H(z) = \frac{H_0}{1 + (z/a)^2} \qquad (13)$$

genügt, und den Verhältnissen im Übermikroskop von Ruska und v. Borries[15]) sehr nahekommt[16]). Das Verhältnis der Stärke des Magnetfeldes H_0 zur Beschleunigungsspannung U_0 der Elektronen bestimmt die Brechkraft der Linse und wird nach Glaser[14]) durch den Parameter

$$k^2 = \frac{e}{8m} \cdot \frac{H_0^2 a^2}{U_0} \qquad (14)$$

ausgedrückt (e/m ist die spezifische Ladung des Elektrons, a kennzeichnet gemäß Gleichung (13) die Ausdehnung des Linsenfeldes längs der Achse). Dieser Parameter k^2 ist mit Rücksicht auf praktische Verhältnisse beim Mikroskopierbetrieb zu 1,5 gewählt worden; hierbei liegen die Brennpunkte schon weit innerhalb des Linsenfeldes, und zwar bei 84 Proz. des Feldhöchstwertes. Die Brennweite beträgt dabei $f = 1{,}09\,a$. Für die bisher noch unveröffentlichte Berechnung der Größen p_i, q_i in Gleichung (2) für dieses Feld sind wir den Herren W. Glaser und E. Lammel zu besonderem Dank verpflichtet.

Es hat sich als zweckmäßig erwiesen, Kurven gleicher Helligkeit in den einzelnen Schichten zu berechnen, wobei die Helligkeitswerte logarithmisch abgestuft sind, und die Helligkeitswerte der 5 Schichten unmittelbar durch entsprechende Schwärzung des Zeichenpapiers zu überlagern. Um den störenden Eindruck der groben Abstufung zu mildern, sind die Übergänge zwischen den Zonen verschiedener Schwärzungswerte stetig gezeichnet worden. Fig. 2 zeigt die so gewonnene Intensitätsverteilung, wobei durch Verwendung eines Negativabzuges vom Original die wirklichen Helligkeitswerte wiedergegeben sind.

Durch stärkste Intensität heben sich die beiden Brennlinien heraus, ein äußeres Oval und eine innere sternförmige Kurve mit vier Spitzen. Außerhalb des Ovals wird die Bildebene von den Elektronenstrahlen einfach getroffen, zwischen den Brennlinien findet eine dreifache, im Innern des Sternes eine fünffache Überdeckung statt. Während in dem Außenraum die Intensität kaum merklich ist, strahlen in das Zwischengebiet von den Spitzen deutliche Büschel hoher Intensität aus. Der Abfall von der eiförmigen Brennlinie ist auch nach innen sehr steil. Die fünffach überdeckte Fläche innerhalb der vierspitzigen Kurve weist die höchste Intensität auf. Selbst das Minimum in der Mitte liegt etwa dreimal so hoch wie das Minimum im Bezirk zwischen den beiden Brennlinien.

Es ist lohnend, an dieser Stelle kurz die entsprechende Zeichnung von Finsterwalder[17]) für ein Lichtstrahlenbündel zu betrachten, die in Fig. 3 wiedergegeben ist. Wie man erkennt, liegen grundsätzlich die gleichen Verhältnisse vor. Vermutlich hat eine etwas abweichende Lage der Schirmebene es mit sich gebracht, daß die vierspitzige Kurve im Vergleich zur ovalen Brennlinie größer ist. Wichtig ist, daß nach zwei Achsen strenge Symmetrie herrscht. Diese ist in der Elektronenoptik infolge einer allerdings nicht starken Störung durch die Zerdrehungsfehler nicht mehr vorhanden. Die weitgehende Analogie ist insofern bemerkenswert, als die Elektronenstrahlen krumme Linien sind und der Dingpunkt schon weit innerhalb des Linsenfeldes liegt.

3. Experimentelle Untersuchung am Übermikroskop

Um die der Rechnung zugrunde gelegten Verhältnisse zu verwirklichen, müßte man einen Dingpunkt, d. h. praktisch gesprochen eine sehr kleine leuchtende Fläche abbilden, deren Ausdehnung geringer ist, als das Auflösungsvermögen der Linse unter den gleichen Verhältnissen beträgt. Da wenig Aussicht besteht, hierfür passende Objekte unmittelbar herzustellen oder zu finden – z. B. als winzige Löcher in einer sonst möglichst undurchsichtigen Folie –, ist folgender Weg beschritten worden. Im Objektiv des Übermikroskops (Fig. 4) wurde bei mäßiger Strahlspannung (37 kV) ein so starkes Feld erzeugt, daß bereits kurz vor der Linsen-

14) W. Glaser, Strenge Berechnung magnetischer Linsen der Feldform $H = \frac{H_0}{1 + \left(\frac{z}{a}\right)^2}$. Zeitschr. f. Phys. **117**, 285, 1941.

15) B. v. Borries und E. Ruska, Erg. exakt. Naturwiss. **19**, 237, 1940.

16) J. Dosse, Zeitschr. f. Phys. **117**, 722, 1941.

17) S. Finsterwalder, a. a. O., Tafel II, Abb. 2e.

mitte ein stark verkleinertes Bild der Strahlenquelle entsteht, die ihrerseits weniger als 0,1 mm Durchmesser besitzt. Durch den zweiten, unteren Teil des Objektivfeldes wird dieser verkleinerte Strahlquerschnitt wieder vergrößert in der Zwischenbildebene abgebildet und erscheint in

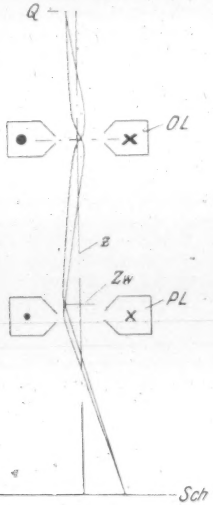


Fig. 4. Schema der Versuchsanordnung.
Q Strahlenquelle, *OL* Objektivlinse, *PL* Projektionslinse des Übermikroskops, *Zw* Zwischenbildebene, *Sch* Endbildschirm, *z* optische Achse.

der üblichen Weise durch die Projektionslinse weiter vergrößert auf dem Endbildschirm. Tatsächlich erhält man dort, wie die Aufnahmereihe in Fig. 5 zeigt, Strahlquerschnitte, die den von Gullstrand gefundenen, in Fig. 6 wiedergegebenen sehr ähnlich sind. Ein besonderer Unterschied besteht in der schon besprochenen geringfügigen Störung der im optischen Strahlengang vorhandenen Symmetrie zu zwei aufeinander senkrechten Ebenen[18]). Dieser Sachverhalt verdient hervorgehoben zu werden, da man der Magnetlinse gern den Vorwurf macht, sie habe drei Fehler mehr als die rein elektrische Linse und entferne sich auch von der sonst vollständigen Analogie zwischen Elektronenlinse und Glaslinse.

Der Vergleich mit dem rechnerischen Ergebnis Fig. 2 zeigt zunächst, daß mit der Einstellung in Fig. 5a die Gaußsche Bildebene ungefähr getroffen ist. Hier ist die Übereinstimmung in Form und Intensitätsverteilung mit Fig. 2 recht gut.

Geht man nun dem zahlenmäßigen Vergleich nach, so stellt man zunächst fest, daß die Störung der Symmetrie gegenüber dem lichtoptischen Querschnitt Fig. 6 experimentell noch stärker ausgeprägt ist, als die Rechnung ergibt. Dies könnte durch eine Unsymmetrie des Feldes erklärt werden. Vergleicht man jedoch die absoluten Größen der Strahlquerschnitte in Fig. 2 und 5a miteinander, so findet man unter einigermaßen vernünftigen Annahmen über die Größe x_0 bzw. β und l beim Versuch, daß der experimentelle Strahlquerschnitt etwa 100mal so groß ist wie der berechnete. Dies läßt sich folgendermaßen erklären: Infolge der besonderen Bedingungen beim Versuch muß der Parameter k^2 nicht 1,5, wie bei der Rechnung angenommen, sondern größer sein, da das Bild der Strahlenquelle schon vor der Feldmitte liegen soll; besäße beispielsweise das Linsenfeld die Form des der Rechnung zugrunde liegenden Glockenfeldes, so müßte k^2 etwas größer als 3 sein. In der Nähe dieses ausgezeichneten Wertes von k^2 nehmen nun die Größen p_i und q_i in Gleichung (2) sehr große Werte an, so daß die Abweichungen vom idealen Bildpunkt stark werden. Im Einklang hiermit findet man bei Abbildungsversuchen unter diesen Umständen erhebliche Bildstörungen, insbesondere hohe Verzeichnung und rasche Zunahme der Unschärfe zum Bildrande hin.

Da bei der Erzeugung der Bildreihe in Fig. 5 notwendigerweise in der Nähe dieses kritischen Wertes gearbeitet wurde, ist es durchaus verständlich, daß der beobachtete Strahlquerschnitt sehr viel größer als der berechnete ist. Dieser Umstand ist sogar die Ursache dafür, daß die in Fig. 5 wiedergegebenen Strahlquerschnitte überhaupt so leicht zu beobachten sind: Würden sich die Größen p_i und q_i im fraglichen Bereich von k^2 nicht stark ändern, so erzeugte die erste Hälfte des Objektivfeldes als Bild einen Strahlenbündelquerschnitt, der in seiner Größe nur wenig über der für beide Feldteile gültigen Auflösungsgrenze läge. Die zweite Feldhälfte könnte daher weder die Einzelheiten dieses kleinen Strahlquerschnittes mit genügender Auflösung wiedergeben, noch wäre umgekehrt der Strahlquerschnitt klein genug, um als punktförmige Strahlenquelle für deren vergrößerte Abbildung in Form des gesuchten Strahlquerschnittes zu

18) Dies ist jedoch nicht so aufzufassen, daß bei Streichung der drei Zerdrehungsfehler der Magnetlinse lediglich die Unsymmetrie in Fig. 2 bzw. 5 verschwinden würde. Bei den in Fig. 2 zugrunde liegenden Zahlenverhältnissen würde sich beispielsweise bei Fortlassung der drei Zerdrehungskoeffizienten ein rund doppelt so langes und halb so breites Oval wie in Fig. 2 ergeben, während die vierspitzige innere Brennlinie überhaupt nicht auftritt.

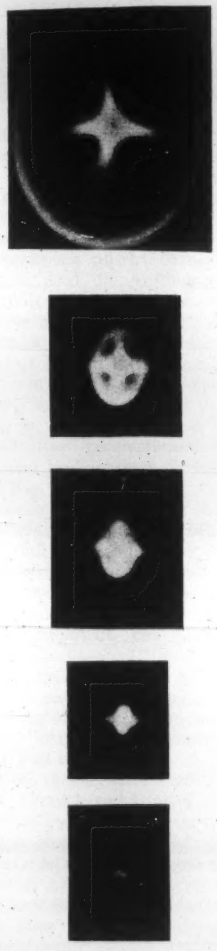


Fig. 5. Im Übermikroskop, in der Versuchsanordnung nach Fig. 4 beobachtete Intensitätsverteilungen in der Nähe der Bildebene. Einstellungen a . . . e bei wachsender Feldstärke in der Objektivlinse. Strahlspannung 37 kV.

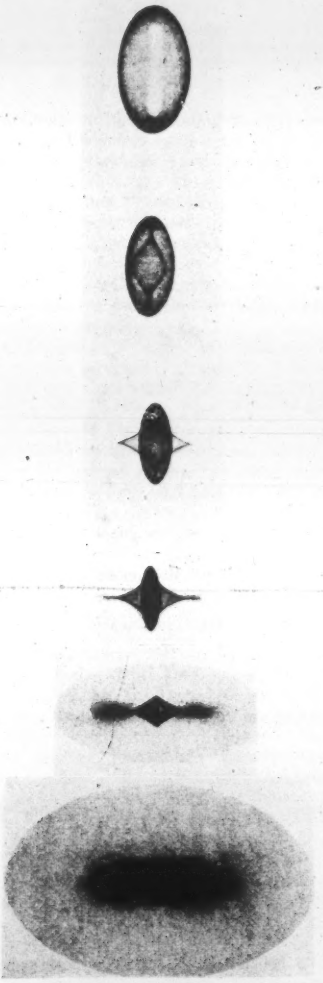


Fig. 6. Intensitätsverteilungen, an einer Glaslinse in verschiedenen Einstellebenen in der Nähe der Bildebene beobachtet (nach Gullstränd 3b).

wirken. Tatsächlich dürften aber die Auflösungswerte beider Feldhälften merklich voneinander verschieden sein, da infolge der Unsymmetrie des wirklichen Linsenfeldes den beiden Feldteilen etwas verschiedene k^2 zukommen und die p_i, q_i wegen des raschen Ansteigens mit k^2 in den beiden Feldhälften der Größe nach erheblich voneinander abweichen. Besitzt die erste Feldhälfte den kleineren Auflösungswert, so erzeugt sie einen so kleinen Strahlquerschnitt als Bild der Strahlenquelle, daß dieser gegenüber dem größeren Auflösungswert der zweiten Feldhälfte als praktisch punktförmig angesehen werden kann. Sind die Auflösungswerte umgekehrt verteilt, so bildet die zweite Feldhälfte vermöge ihrer besseren Auflösung den „fehlerhaften" Strahlquerschnitt, den die erste Feldhälfte geliefert hat, in ihren Einzelheiten ausreichend getreu ab. Es ist allerdings auffällig, daß trotz der starken Erhöhung der einzelnen Konstanten p_i, q_i gegenüber dem berechneten Fall die qualitative Übereinstimmung des berechneten mit dem beobachteten Strahlquerschnitt (Fig. 2 mit Fig. 5a) so gut ist.

Eine andere Möglichkeit, die eben beschriebene zweistufige Abbildung zu behandeln, besteht darin, daß man das Feld der Objektivlinse als Ganzes betrachtet und die optischen Kenngrößen (Brennweite und Fehlerkonstanten) für den Fall berechnet, daß die Abbildung über ein Zwischenbild innerhalb des Linsenfeldes erfolgt[19]).

Bei der Aufnahme der Fig. 3c . . . e war die Strahlenquelle nicht klein genug, um die Intensitätsverteilung im einzelnen so sauber wiederzugeben, wie dies in den Gullstrandschen Bildern (Fig. 6) der Fall ist.

Sowohl die rechnerische Verfolgung der geschilderten Versuchsverhältnisse als auch die experimentelle Verwirklichung der rechnerischen Bedingungen würde einen sehr viel größeren Aufwand erfordern. Wir begnügen uns daher im Rahmen dieser Arbeit mit der Feststellung, daß die an starken Magnetlinsen gemachten Beobachtungen über die Intensitätsverteilung im Elektronenstrahlquerschnitt grundsätzlich mit den Rechnungsergebnissen übereinstimmen. Der Unterschied gegenüber der bei Lichtstrahlen beobachteten Verteilung besteht lediglich in einer unbedeutenden Störung der zweiachsigen Symmetrie der optischen Strahlquerschnitte.

19) Vgl. W. Glaser, Zeitschr. f. Phys. **117**, 285, insbesondere S. 289ff.

Berlin-Siemensstadt.

(Eingegangen 14. Oktober 1941)

Eine transportable Nebelkammer für Demonstrationszwecke

Von P. Kunze

(Mitteilung des Physikalischen Instituts der Universität Rostock)

Im Unterricht, in Vorlesung und Praktikum besteht das Bedürfnis nach einer leicht transportablen Nebelkammer[1]), mit der man α- und β-Spuren demonstrieren kann. Die Nebelkammern der üblichen Bauart haben allerdings die bekannte Unbequemlichkeit, daß sie zur Vorführung wenigstens zwei Zusatzapparate benötigen: eine intensive Lichtquelle sowie eine Vorvakuum- oder Wasserstrahlpumpe; dazu kommt dann noch vielleicht eine Anodenbatterie für die Hilfsspannung.

Das Ideal einer Demonstrationskammer wäre dagegen eine pumpenlos arbeitende Nebelkammer mit fest eingebauter Lichtquelle für Anschluß an das Lichtnetz. Eine solche Kammer könnte wie eine Tischlampe jederzeit betriebsfertig aus dem Schrank genommen werden und wäre nach Anschluß an eine Steckdose in jedem Institutsraum sofort vorführbereit. Im nachfolgenden soll eine der möglichen Ausführungsformen dieses Kammertyps kurz beschrieben werden. Herr Dr. Hantelmann hat beim Bau dieser Kammer wesentlich mitgearbeitet.

1. Die Nebelkammer

Fig. 1 zeigt schematisch, im übrigen aber maßstäblich die kleine Demonstrationskammer im Schnitt, wobei aus Darstellungsgründen die wesentlichen Teile alle in die Zeichenebene gelegt sind.

Der Glasring hat 130 mm Innendurchmesser und 35 mm Höhe. Oben ist er durch eine Sekuritglasscheibe und unten durch einen Tombakfederkörper F[2]) und eine aus Festigkeitsgründen gewölbte Kupferschale verschlossen. Die Kupferschale ist innen mit schwarzem Samt überzogen, welcher mit der dampfliefernden Flüssigkeit getränkt ist. In Ruhestellung ist der Federkörper entspannt, und innen und außen herrscht Druckgleichheit. An die Kupferschale ist ein in Führung laufender hohler und leichter Mittelbolzen M angesetzt. Durch den Handhebel H kann der

1) Zum Beispiel H. Neuert, Physik. Zeitschr. **37**, 629, 1936.

2) Lieferfirma: Deutsche Waffen- und Munitionsfabriken, Karlsruhe. Der hier verwendete (jetzt übrigens nicht mehr listenmäßige) dünnwandige Federkörper hat 150 mm äußeren Nenndurchmesser, 57 mm ungedrückte Länge, 10 Wellen, 147 cm² mittleren Querschnitt, 24 mm Maximalhub und 220 g Gewicht.

Mittelbolzen angehoben werden, bis die Sperrklinke S einspringt und den Mittelbolzen in dieser Lage festhält. Die Luft in der Kammer ist dabei isotherm vorkomprimiert worden; an einer Skala mit verschiebbarem Nullpunkt kann der Vorkompressionsweg abgelesen werden, welcher im Durchschnitt 11,5 mm beträgt. Der entsprechende isotherme Überdruck in der Kammer beträgt dann 0,164 atü, und auf dem Mittelbolzen lastet ein Druck von 24 kg. Da der Handhebel im Verhältnis 1:5 übersetzt ist, läßt sich

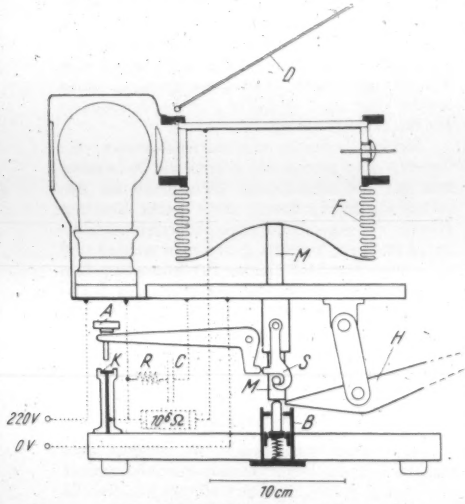


Fig. 1. Die Nebelkammer (Schema).

die Vorkompression mit mäßigem Kraftaufwand bewerkstelligen. Durch Druck auf den Auslöseknopf A wird dann die Sperrklinke weggedrückt und die nebelerzeugende Expansion ausgelöst; die Kammer arbeitet also ohne Vorpumpe. Durch eine nicht gezeichnete Handschraube kann man die Höhe der Sperrklinke und damit das Expansionsverhältnis η ändern. Diese Verstellungsmöglichkeit ist besonders deshalb notwendig, weil die Ruhestellung des Federkörpers von der Temperatur und dem äußeren Luftdruck abhängt, wodurch Schwankungen des Kammervolumens um $\sim$ 10 Proz. verursacht werden können.

2. Die dampfliefernde Flüssigkeit

Ein kleines Expansionsverhältnis η ist bei einer Nebelkammer wegen der größeren Luftruhe sowie aus konstruktiven Gründen stets vorteilhaft; dies gilt vor allem auch für die vorliegende Konstruktion, wo ein kleines η mit Rücksicht auf die Lebensdauer des Federkörpers besonders erwünscht ist. Aus diesem Grunde kommt Wasserdampf für die Nebelerzeugung nicht in Frage, denn dieser erfordert in Luft den ziemlich großen Wert $\eta = 1{,}3$. Ein besonderer Nachteil des Wassers ist ferner, daß die in der Regel benutzten feuchten Gelatineschichten zu einem auf die Dauer oft erfolglosen Kampf gegen die Schimmelbildung führen. Bei der gelegentlichen Ergänzung des Wasservorrats und bei der Auswechslung der radioaktiven Präparate läßt sich eine Infektion mit Schimmelpilzen im Laufe der Jahre kaum vermeiden, da die Wirksamkeit der Desinfektionsmittel allmählich nachläßt.

Absoluter Äthylalkohol, der sich bereits bei früheren Spuraufnahmen von Ultrastrahlen[3]) sehr gut bewährte, hat in Luft ein $\eta = 1{,}2$; die vorliegende Kammer wurde zur Erzielung eines besonders kleinen η mit einer Mischung von Wasser und Alkohol im Verhältnis 1:1 beschickt, welche $\eta = 1{,}1$ hat.

Eine gewisse Schwierigkeit bereitet der Alkoholdampf bezüglich der Vermeidung von Taubeschlägen auf den Glasteilen der Kammer, da es für Alkohol keine so bequem zu handhabende Quellsubstanz gibt, wie sie Gelatine für Wasser darstellt. G. Herzog[4]) verhütet die Alkoholtaubildung auf der Glasscheibe durch Aufkleben einer Cellophanfolie mit Gummiarabikum. Bei der vorliegenden Kammer wurde ein anderer Weg eingeschlagen, der sich schon bei unseren früheren Nebelkammern ausgezeichnet bewährte und der den Vorzug großer Einfachheit hat: die Erniedrigung des Dampfdruckes der Flüssigkeit unter seinen Sättigungswert durch Auflösung geeigneter Substanzen.

Bei der hier benutzten Wasser-Alkoholmischung würde wahrscheinlich ein Versuch mit z. B. Zucker aussichtsvoll sein, da sich ein Nichtelektrolyt verschiedenen Metallen und Lötstellen gegenüber neutral verhält. Für die Dampfdruckerniedrigung wurde hier aber das chemisch sehr stabile Lithiumchlorid benutzt, da dessen Brauchbarkeit schon erprobt war. $LiCl$ hat nämlich, im Gegensatz zum Zucker, auch in reinem C_2H_5OH eine gute Löslichkeit und wurde deshalb schon bei früheren mit absolutem Alkohol gefüllten Kammern zur Tauverhütung benutzt. Die Dampfdruckerniedrigung von absolutem Alkohol durch $LiCl$ in Abhängigkeit von Konzentration und Temperatur war damals mit der in Fig 2 angedeuteten primitiven Methode gemessen worden, welche die hier benötigten geringen Ansprüche an Genauigkeit erfüllt: zwei Flaschen mit Luft von Atmo-

3) P. Kunze, Zeitschr. f. Phys. **80**, 559. 1933.
4) G. Herzog, Helvet. Phys. Acta **10**, 68, 1937.

sphärendruck in einem Wasserbad sind durch ein Differenzmanometer verbunden und enthalten in dünnwandigen, abgeschmolzenen Glaskugeln den reinen bzw. den *LiCl*-Äthylalkohol; durch mechanische Zertrümmerung der Glaskugeln von außen werden die Flüssigkeiten frei.

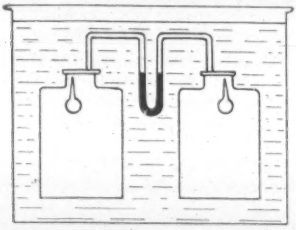


Fig. 2. Meßmethode für die Dampfdruckerniedrigung.

Fig. 3 zeigt eine der gemessenen Kurven für die Dampfdruckerniedrigung von reinem C_2H_5OH in Abhängigkeit von der Temperatur bei Zusatz von 4,2 g wasserfreiem *LiCl* auf 100 cm³ Alkohol. Die Dampfdruckerniedrigung beträgt also z. B. bei 20° ~ 5 mm *Hg*; sie hat übrigens in diesem

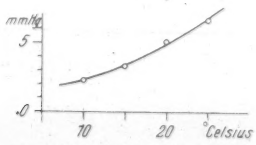


Fig. 3. Dampfdruckerniedrigung von Alkohol durch 4,2 gr *LiCl* 100 cm³.

Konzentrationsbereich die Eigenschaft, überproportional mit der Konzentration zu wachsen. Shaw und Butler[5]) haben die Konzentrationsabhängigkeit des Dampfdruckes von Alkohol-Wassergemischen durch Zusatz von *LiCl* bei 25° gemessen; der dortige Wert für wasserfreien Alkohol stimmt gut mit unserem Kurvenpunkt bei 25° überein. Bei Wasser-Alkoholgemischen ist die Dampfdruckverkleinerung durch *LiCl* übrigens wesentlich geringer als bei reinem Alkohol. — Rechnet man die Dampfdruckerniedrigung der Fig. 3 in Taupunktverschiebung um, so ergibt sich in diesem Temperaturbereich und bei dieser Konzentration, daß die Taupunktverschiebung annähernd unabhängig von der Temperatur ist, und etwa 2° beträgt. Eine Taupunkterniedrigung von ~ 1–2° genügt aber erfahrungsgemäß, um auch in größeren Nebelkammern die Taubildung auf den Glasteilen völlig zu verhindern. Beim Ergänzen des Alkoholvorrats darf natürlich nur reine Flüssigkeit nachgefüllt werden, da ja die einmal eingefüllte *LiCl*-Menge unverändert bleibt.

Diese Art der Tauverhütung hat sich auch bei der vorliegenden Kammer ausgezeichnet bewährt. Die Methode hat den Vorteil, daß nicht nur die Glasplatte, sondern auch der Glasring frei von Taubeschlag bleibt. Die Glasflächen bleiben unbehandelt und tragen keine Schutzüberzüge, welche die Durchsicht beeinträchtigen (Gelatineschichten usw. sind bei grellem Seitenlicht immer etwas trübe) oder die Anwendung von Schmelzkitt verbieten. Übrigens sind Siegellack und rotes Klebwachs bei alkoholgefüllten Kammern nicht zuverlässig, da sie durch den Alkoholdampf allmählich erweicht werden. Picein statt Siegellack und eine passende Picein-Lanolinmischung statt Klebwachs halten dagegen auch jahrelang dicht. Zum Aufkleben des schwarzen Samt, sowie zum Schwärzen des Inneren des Federkörpers wurde eine dickflüssige Auflösung von Pizein und Lanolin in Benzol benutzt; das Benzol wird nachträglich durch längeres Erwärmen entfernt.

3. Der Expansionsvorgang

Da die Vorkompression isotherm, die nebelerzeugende Expansion adiabatisch erfolgt, ist zur Erzielung des nötigen Expansionshubs s_2 ein Vorkompressionshub $s_1 > s_2$ erforderlich. Wir führen für die Volumina und Drucke der Kammer die folgenden Bezeichnungen ein: für die Ruhestellung $V_0 p_0$, für den komprimierten Zustand $V_1 p_1$, und für den Zustand am Ende der adiabatischen Expansion $V_2 p_2$. Dann gilt

$$V_0 > V_2 > V_1, \text{ und } p_1 > p_0 = p_2.$$

Das Vorkompressionsverhältnis sei

$$\eta_1 = V_0/V_1 = p_1/p_0,$$

und das Expansionsverhältnis

$$\eta = V_2/V_1 = (p_1/p_2)^{1/\varkappa},$$

wenn $\varkappa = c_p/c_v$. Dann folgen daraus die Beziehungen

$$\eta_1 = \eta^{\varkappa}, \text{ und } s_1 s_2 = \frac{\eta^{\varkappa} - 1}{\eta - 1}.$$

Bei luftgefüllter Kammer und der angegebenen Wasser-Alkohol-*LiCl*-Mischung ist $\eta_1 = 1{,}115$ und $\varkappa = 1{,}4$. Es wird somit $s_1/s_2 = 1{,}43$. Die eigentliche adiabatische Expansion führt also bereits nach Zurücklegung von 70 Proz. des Vorkompressionsweges s_1 zur Wiedererreichung des Atmosphärendruckes. Die weitere Abwärtsbewegung des Federkörpers bis zur Ruhestellung

5) R. Shaw und I. A. V. Butler, Proc. Roy. Soc. **129**, 519, 1930.

erfolgt, abgesehen von der Massenträgheit, durch nichtadiabatische Nachexpansion infolge Temperaturausgleich.

Die bei der Expansion bewegte effektive Masse[6]) beträgt nur etwa 370 g; der Mittelbolzen wird also im Mittel mit der ~ 30fachen Erdbeschleunigung in Bewegung gesetzt. Zur quantitativen Untersuchung dieser mit dem bloßen Auge schwer verfolgbaren Expansionsbewegung wurde an der Kupferschale eine Nadelspitze angebracht und gegen diese eine Wachs-

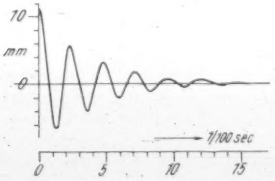


Fig. 4a. Wegzeitdiagramm der Expansion ohne Dämpfung.

papiertrommel angedrückt, die von einem Synchronmotor mit 500 mm/sec Umfangsgeschwindigkeit angetrieben wurde, so daß $^1/_{100}$ sec einem Weg von 5 mm entspricht.

Fig. 4a zeigt das so erhaltene Expansionsdiagramm. Man sieht, daß der Federkörper gedämpfte Schwingungen um seine Ruhelage ausführt; der erste Durchgang durch die Nullstellung erfolgt bereits nach $^7/_{1000}$ sec. Man kann

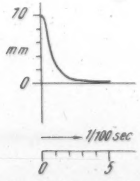


Fig. 4b. Wegzeitdiagramm mit Dämpfung.

zwar auch mit dieser Betriebsart gute Nebelspuren erhalten und kommt dabei mit weniger Vorkompression aus; es ist aber besser und für die Lebensdauer des Federkörpers zuträglicher, wenn man die Bewegung durch eine auf den Mittelbolzen wirkende Ölbremse (*B* in Fig. 1) verlangsamt und etwas mehr als aperiodisch dämpft. Durch einige enge Bohrungen im Kolbenboden der Bremse kann man die gewünschte Dämpfung herstellen. Fig. 4b zeigt das Expansionsdiagramm mit der Ölbremse bei 10 mm Vorkompression. Man sieht, daß die eigentliche adiabatische Expansion von 7 mm Hub bereits nach $^1/_{100}$ sec beendet ist; nach $^2/_{100}$ sec hat die Bewegung des Federkörpers praktisch aufgehört.

6) Da der Federkörper progressiv von oben nach unten an der Expansionsbewegung teilnimmt, ist beim Beschleunigungsvorgang nur seine halbe Masse, also 110 g, wirksam.

4. Die Schaltung

Zur bequemen Handhabung der Kammer ist der feste Einbau der erforderlichen Lichtquelle erwünscht. Fig. 1 zeigt in punktierten Linien die Schaltung für den hier vorliegenden Fall von städtischem Gleichstrom in den Steckdosen. Zwei Glühlampen von je 75 Watt sind unmittelbar neben dem Glasring angebaut. Durch einen

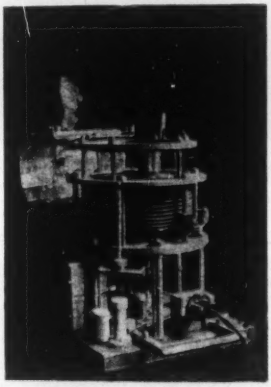


Fig. 5.

Spiegelstreifen hinter und eine Zylinderlinse vor den Lampen wird die Beleuchtung der Kammer wesentlich verstärkt, so daß die Spuren auch im hellen Zimmer bei Tageslicht leicht sichtbar sind. Die Kammer mit dem schwarzen Samt am Boden wirkt wie ein dunkler Hohlraum, so daß der Hintergrund völlig schwarz ist; der auf der Unterseite geschwärzte hochklappbare Staubdeckel *D* verhindert den Reflex der hellen Zimmerdecke auf der Glasscheibe.

Durch das Niederdrücken des Auslöseknopfes *A* wird der Kontakt *K* zwischen der geerdeten „Masse" der Kammer und dem Spannungspol der Gleichstromlichtleitung geschlossen. Dies hat zweierlei Folgen: erstens wird das Hilfsfeld der Kammer durch Erdung aufgehoben, und zweitens werden die Lampen gezündet, die also im Moment der Expansion aufflammen. Beim Wiederloslassen des Knopfes

verlöschen die Lampen, und das Hilfsfeld wird automatisch wieder angelegt. Die Kapazität $C = 12\,\mu F$ und der Dämpfungswiderstand R verringern die Schaltfunken; der Schutzwiderstand von $10^6\,\Omega$ beseitigt die Gefahr von elektrischen Schlägen und Kurzschlüssen beim zufälligen Berühren der Hilfsfeldklemmen. Wenn in den Steckdosen nur Wechselstrom zur Verfügung steht, kämen R und C in Fortfall, und die Hilfsspannung müßte z. B. über einen Trockengleichrichter erzeugt werden; allerdings hätte dann das Gehäuse Spannung gegen Erde.

Die Kammer, die in Fig. 5 in ihrer tatsächlichen Ausführung gezeigt wird, ist mit allen ihren Teilen auf einer Grundplatte von $22 \times 22\ cm^2$ montiert und wiegt komplett 9,3 kg. Der Glasring trägt in einer Bohrung (vgl. auch Fig. 1) ein schwaches Poloniumpräparat zur Erzeugung von α- und β-Spuren (Comptonelektronen).

Die Nebelkammer wurde 1936 gebaut und hat seitdem viele hundert Expansionen störungsfrei ausgeführt, so daß die Lebensdauer des Federkörpers ausreichend erscheint. Da die Kammer also seit 5 Jahren einwandfrei arbeitet, kann man diese Bauart unbedenklich empfehlen. Die Firma Leybold wird nach Kriegsende die Herstellung der Kammer übernehmen.

Ich danke zum Schluß besonders Herrn Dr. Hantelmann, der beim Bau der Kammer und bei den ersten Versuchsproben wesentlich mithalf.

Rostock, Oktober 1941, Physikalisches Institut der Universität.

(Eingegangen 10. Oktober 1941)

Vorlesungsverzeichnis für das Wintersemester 1941/42

Technische Hochschule Aachen. **Fucks**: Experimentalphysik II: Elektrizität, Optik, 3; Physikalisches Praktikum, 4 und 2, für Vorgeschrittene, 4; Anleitung zu selbständigen physikalischen Untersuchungen, tägl.; Physikalisches Seminar, 2 *g*; Experimentalphysik für Bau- und Vermessungsingenieure, 3. — **Kirschbaum**: Photographie II, 1, Übungen, 2. — **Nacken**: Strahlenkunde, 1. —

Universität Basel. **Hagenbach**: Experimentalphysik II, 6; Physikalisches Praktikum für Vorgerücktere, tägl., für Anfänger, 8; Physikalisches Kolloquium (mit Kuhn, Zickendraht, Wehrli, Miescher und Fierz), 14tägig, 2 *g*. — **Matthies**: Analytische Mechanik, 4, Übungen, 1; Kinetische Gastheorie und statistische Mechanik, 3, Übungen, 1 *g*. — **Zickendraht**: Niederfrequente Wechselströme, 2; Wechselstrompraktikum, 3; Repetitorium der Elektrizitätslehre, 1. — **Zehnder**: Die tiefsten Grundlagen der Physik und Chemie, 1; Geschichte der Physik, 1. — **Wehrli**: Hochvakuum-Technik, mit Praktikum, 2; Seminar über neuere Probleme der Physik (mit Miescher und Fierz), 14 Tage, 2 *g*. — **Miescher**: Höhere Optik II, 1. — **Fierz**: Die kosmische Strahlung, 1; Theoretisch-physikalisches Proseminar, 1. —

Universität Berlin. **Gerthsen**: Experimentalphysik für Naturwissenschaftler: Mechanik, Akustik, Wärme, 5, für Mediziner, 3; Erhaltungssätze von Energie und Impuls in makroskopischer Physik und Atomphysik, mit Experimenten, 1 *g*; Besprechung neuerer physikalischer Arbeiten (mit Kneser und Meixner), 2 *g*; Physikalisches Anfängerpraktikum, 7; Physikalisches Praktikum für Mediziner, 2; Anleitung zu selbständigen Arbeiten (Doktoranden) (mit Kneser), tägl. — **Kneser**: Experimentalphysik für Fortgeschrittene: Optik, 2; Physikalisches Praktikum für Fortgeschrittene, 8. — **Landt**: Experimentalphysik II: Elektrizität und Optik, für Mediziner, 3; Physikalisches Meßpraktikum für Mediziner, 2; Selbständige physikalische Arbeiten, tägl. — **Meixner**: Theoretische Physik I: Mechanik, 4, Übungen, 1; Elektronentheorie der Metalle und Legierungen, 2. — **Kohler**: Feldphysik II, 4, Übungen, 1; Strukturtheorie der Festkörper, 2. — **Henning**: Theoretische Wärmelehre, 4. — **v. Weizsäcker**: Elemente der Quantenmechanik, 1. — **Kolhörster**: Einführung in die Radioaktivität, 1; Luftelektrizität und negative Erdladung, 1; Zeitliche Intensitätsschwankungen der Höhenstrahlung, 1; Besprechungen von Arbeiten über Höhenstrahlen, 2; Arbeiten über Höhenstrahlen, tägl. — **Gehrcke**: Ausgewählte Gebiete der Optik, experimentell, 1. — **Kiebitz**: Ausgewählte Kapitel aus der Theorie der elektrischen Wellen, 1 *g*. — **Schüler**: Ausgewähltes aus der Physik der Moleküle, 2; Spektroskopisches Praktikum, 4; Atomphysikalische Forschungsarbeiten, tägl. — **Philipp**: Künstliche Umwandlungen des Atomkerns, 1; Anleitung zu selbständigen Arbeiten in der Kernphysik, tägl. — **v. Auwers**: Lichtelektrischer Effekt, 1. — **Justi**: Elektrophysik der Metalle, 1; Metallphysikalische Forschungsarbeiten, für Doktoranden, tägl. außer Sonnabend. — **Menzer**: Geometrie der Kristallgitter, 1. — **Schreiber**: Wissenschaftliche Photographie, 1. — **Verleger**: Spektralanalyse, 2. — **Hinderer**: Grundzüge der geometrischen Optik einschließlich der Bildfehler, 1. — **Schulze**: Farbenlehre, 1; Messung der Strahlung, 1. — **Skaupy**: Stoffkunde, Ausgewählte Kapitel, 1. — **Flügge**: Der Aufbau der Materie aus ihren elementaren Bausteinen, 1; Die mathematischen Hilfsmittel des Naturwissenschaftlers, 2. — **Wirtz**: Der Übergang der Aggregatzustände: Schmelzen, Verdampfen, Kristallisieren, 1. — **v. Laue**: Seminar für mathematische Physik (mit Dinghas und Meixner), 2; Physikalisches Kolloquium, $1^1/_2$ *g*. — **Friedrich**: Radiologisches Praktikum: Licht, Röntgen, Radium (mit Schreiber), nach Vereinbarung; Anleitung zu selbständigen Arbeiten auf dem Gebiet der Strahlenforschung (mit Risse, Schreiber und Schulze),

tägl. — **Schumann:** Physikalisches Praktikum, 8 und 2; Wehrphysikalische Arbeiten (Doktoranden), tägl.; Sprengstoffphysikalische und theoretisch-ballistische Forschungsarbeiten, tägl. — **Schütt:** Physikalische Experimentierübungen mit schulgerechten Hilfsmitteln (mit Brandt und Moeller), 2. — **Schuster:** Geschichte der Naturwissenschaften von der Renaissance bis zum 18. Jahrhundert, 2. — **Robitzsch:** Graphische und synoptische Methoden in der Aerologie, 2; Leitung eigener Arbeiten, tägl. außer Sonnabend, *g*. — **Ertel:** Moderne Probleme der dynamischen Meteorologie, 1; Anleitung zu theoretisch-meteorologischen Arbeiten, 2 *g*; Graphische Methoden der Meteorologie, für Wehrmachtsmeteorologen, 2, Übungen, 1. — **Knoch:** Probleme der Lokal- und Mikroklimatologie, 1; Anleitung zu meteorologisch-klimatologischen Arbeiten, tägl. außer Sonnabend. — **Kölzer:** Geschichte des Wetterdienstes I, mit Lichtbildern, 1. — **Kähler:** Atmosphärische Elektrizität, 1, Übungen aus dem Gebiet der Meteorologie, atmosphärischen Elektrizität mit Strahlung, 2, für Fortgeschrittene, tägl. — **Stumpff:** Sphärische Astronomie und geographische Ortsbestimmung, 2. — **Zistler:** Meteorologisches und geophysikalisches Kolloquium (mit Defant, Bartels und Ertel), 2 *g*; Anleitung zu aerologisch-synoptischen Arbeiten, 2; Luftmassenanalyse für Wehrmachtsmeteorologen, 3; Praktische Wetterkunde für Wehrmachtsmeteorologen, 3, Übungen, 4. — **Bartels:** Anleitung zu geophysikalischen Forschungsarbeiten, tägl.; Besprechung geophysikalischer Arbeiten, mit Übungen (mit Rössiger und Fanselau), 2 *g*; Statistik und harmonische Analyse, mit Übungen, für Wehrmachtsmeteorologen, 2. — **Defant:** Wellen, Gezeiten und verwandte Erscheinungen, 2; Arbeiten für Fortgeschrittene, tägl. außer Sonnabend, *g*; Einführung in die Nautik für Wehrmachtsmeteorologen, 1. —

Technische Hochschule Berlin. **Geiger:** Experimentalphysik II, 2, III, für Fortgeschrittene, 2; Physikalische Übungen für Fortgeschrittene (mit Haxel), 8; Anleitung zu Forschungsarbeiten, Diplom- und Doktor-Arbeiten (mit Haxel), tägl.; Theorie der Strahlung, 3; Übungen in theoretischer Physik, 2; Physikalisches Kolloquium (mit Haxel), 2 *g*. — **Westphal:** Physikalische Übungen I, 4, Einführung, 2. — **Haxel:** Mechanik für Physiker II, 2, Übungen, 2; Physik der zusammenhängenden Materie, 2. — **Oberdörfer:** Grundlagen der Elektrotechnik, einschließlich Theorie der Wechselströme I und II, 2; Elektrotechnisches Laboratorium, nach Vereinbarung. — **Kömmnick:** Ausgewählte Kapitel der technischen Physik, nach Vereinbarung; Physikalisch-technisches Praktikum, nach Vereinbarung; Seminar für Forschungsergebnisse auf dem Gebiet der technischen Physik und Ballistik (Studienarbeiten), nach Vereinbarung; Ballistik II: Theorie, nach Vereinbarung; Physikalisch-technische Forschungsarbeiten (Diplom- und Doktorarbeiten), tägl. — **Picht:** Atomphysik II: Wellenmechanik, Matrizenmechanik, 2, Übungen, nach Vereinbarung; Elektronenoptik, 2, Übungen, nach Vereinbarung; Physikalische Optik: Interferenz, Beugung, Metalloptik, Kristalloptik, Übungen, nach Vereinbarung. — **Hertz:** Anleitung zu selbständigen physikalischen Arbeiten, tägl. — **Ramsauer:** Physikalisch-technische Arbeiten, nach Vereinbarung. — **Schachenmeier:** Ausgewählte Probleme der theoretischen Physik, 1; Allgemeine Meßtechnik, 2. — **Nikuradse:** Elektronen- und Ionenlehre, 1. — **Gehrts:** Wirkungsweise, Bau und Berechnung von Elektronenröhren II: Modulation, Gleichrichtung und Schwingungserzeugung, 2; Fernsehen II, 2. — **Knoll:** Röhrentechnik II, nach Vereinbarung; Selbständige wissenschaftliche Arbeiten auf dem Gebiete der Röhrentechnik, nach Vereinbarung. — **Mierdel:** Elektrische Gasentladungen II (Anwendung), nach Vereinbarung: Selbständige wissenschaftliche Arbeiten auf dem Gebiete der Gasentladungen, nach Vereinbarung. — **Cauer:** Theorie der linearen Wechselstromschaltungen II: Netzwerke, 14tägig, 2. — **Frerichs:** Besprechung neuerer physikalischer Experimente, 1. — **Weidert:** Geometrische Optik I, 2, Übungen, 2 *g*; Seminar für optisches Rechnen I, 2; Theorie und Wirkungsweise der optischen Instrumente I, 2, Übungen, 4; Optische Laboratoriumsarbeiten für Fortgeschrittene, tägl.; Lichtkundliche Übungen: Lichttechnik, optische Instrumente, Photographie (mit Arndt und Stenger), 2; Optisches Kolloquium (mit Picht), 1½. — **Schmehl:** Wahrscheinlichkeitsrechnung und Theorie der Beobachtungsfehler, 1. —

Universität Bern. **Greinacher:** Experimentalphysik: Wärme, Elektrizität, Magnetismus, 5, Ergänzungen, 1; Repetitorium der Physik, 1. Physikalisches Kolloquium (mit Mercier), nach Vereinbarung; Physikalisches Praktikum für Anfänger, 4, für Vorgerücktere, 3 halbe Tage; Physikalisches Vollpraktikum, tägl. — **Mercier:** Analytische Dynamik und Quantentheorie, 3; Geophysik (ausgewählte Kapitel), 2; Repetitorium der theoretischen Physik, 1; Seminar für theoretische Physik. — **Koestler:** Einführung in die mathematische Behandlung naturwissenschaftlicher Probleme, 1; Dynamik des Massenpunktes, 2; Wechselstromsysteme, 1; Elektrische Schwingungen, ausgewählte Kapitel, 1–2. — **König:** Ausgewählte Kapitel aus der elektrischen Meßtechnik, insbesondere Hochfrequenzmeßtechnik, 2. —

Technische Hochschule Braunschweig. **Cario:** Experimentalphysik II: Mechanik, Wärme, Akustik und Molekularphysik, 3; Höhere Experimentalphysik II, 2; Physikalisches Praktikum I, 8, II, 8, für Bauingenieure, 2; Physikalisches Seminar (mit Stille), 1; Physikalisches Kolloquium (mit Diesselhorst, Lübcke und Stille), 14tägig, 2 *g*; Naturwissenschaftliches Kolloquium (mit Friese und Jaretzky), 2 *g*; Selbständige Arbeiten auf dem Gebiete der Physik, tägl. — **Diesselhorst:** Anwendungen der Elektrizitätstheorie, 2. — **Bergwitz:** Radioaktivität II (Anwendungen), 1, Übungen, 2; Röntgenstrahlen (Anwendung), 1. — **Lübcke:** Physikalisch-technische Arbeiten im Laboratorium, tägl.; Schalltechnik, 1; Technische Akustik II, 1, Übungen, 1. — **Stille:** Theoretische Physik III: Kinetische Theorie der Materie, 3, Übungen, 1; Elektronen und Ionen, 1, Übungen, 1. — **N. N.:** Mikrophotographie, 14tägig, 1. — **Hübner:** Atom- und Molekülspektren I, 1. — **Grundmann:** Meteorologische Meßtechnik I, 2, Übungen, 1: Luftelektrische Meßtechnik, einschließlich Radioaktivität und kosmische Strahlung, 2. — **Koppe:** Luftfahrzeugführung II: Meßtechnik, Bordgeräte, Navigierung, 2, Übungen, 3; Luftfahrtmeßtechnik I: Flug und Landung im Nebel, Übungen, 3; Selbständige wissenschaftliche Arbeiten auf dem Gebiete der Luftfahrtmeßtechnik und Flugmeteorologie, ganztägig; Luftfahrt-Kolloquium, 2 *g*. — **Schlichting:** Grundlagen der Flug-

physik, 1 g; Flugmechanik II: Flugleistungen und Flugeigenschaften, 2, Übungen, 2; Aerodynamisches Praktikum I, 3; Entwerfen von Flugzeugen II (mit Winter), 4; Sonderfragen der Strömungslehre, 2; Selbständige wissenschaftliche Arbeiten auf dem Gebiete der Aerodynamik, ganztägig. —

Universität Breslau. **Schäfer:** Experimentalphysik II: Elektrizität, Optik, 4; Physikalisches Praktikum für Anfänger, 3, für Mediziner, 14-tägig, 4, für Fortgeschrittene (mit Steubing), tägl. — **Steubing:** Röntgenstrahlen und ihre Anwendungen, 2; Elektrische Spektralanalyse mit Anwendung auf Technik und Medizin, 1, Übungen, 2. — **Fues:** Theoretische Physik, Elektrizitätslehre, 4, Übungen, 3; Seminar über Fragen der theoretischen Physik, 2. — **Jüttner:** Die Prinzipe der Mechanik in ihrer Anwendung auf die gesamte Physik, 2. — **Kliefoth:** Schulphysik II: Ausgewählte Abschnitte aus Elektrizität, Optik, 2, Übungen (mit Steubing), 1. — **Röhr:** Einführung und Ergänzungen zum Praktikum, 1. —

Technische Hochschule Breslau. **Bergmann:** Experimentalphysik II: Elektrizität, Optik, 4 und 2, Besprechung, nach Vereinbarung; Physikalisches Praktikum für Anfänger (mit Schuster), 3, für Maschinenbauer und Elektrotechniker, 2; Physikalisches Kolloquium (mit Schaefer, Steubing und Fues), 2. — **Fues:** Theoretische Physik, 5, Übungen, 2; Seminar über neuere Fragen der theoretischen Physik, 2. — **Schuster:** Elektroakustik II, 2; Schwingungen und Wellen, 2. — **Kliefoth:** Schulphysik II: Ausgewählte Abschnitte aus Elektrizität, Optik, 2, Übungen, 1. —

Technische Hochschule Brünn. **Lohr:** Experimentalphysik, 5, II, 3; Physikalisches Praktikum, 8; Ausgewählte Kapitel der neueren theoretischen Physik, 1½; Physikalisches Kolloquium, 1; Röntgenpraktikum für Fortgeschrittene, 3. — **Obrist:** Kolloidphysik; Kolloidphysikalische Übungen. — **Ondra:** Photographie, 2, Praktische Photographie. —

Bergakademie Clausthal. **Valentiner:** Experimentalphysik II, 3; Physikalisches Praktikum, 2; Metallphysik, 2, Übungen, 2. — **N. N.:** Geophysik, 2; Geophysikalisches Praktikum, 3. —

Technische Hochschule Danzig. **Buchwald:** Theorie des Lichts, 4, Übungen, 1; Arbeiten für Fortgeschrittene, 12, Einführung in die theoretische Physik nebst Vektorrechnung, 3, Übungen, 2; Physikalisches Praktikum für Fortgeschrittene I (mit Kossel), 8; Physikalisches Kolloquium (mit Kossel), 1 g. — **Kossel:** Experimentalphysik, 4, Ergänzungen, 1; Kleines physikalisches Praktikum, 4; Röntgen- und Elektroneninterferenzen, 1; Physikalisches Praktikum für Fortgeschrittene II, 12, für Elektrotechniker, 4; Besprechung laufender physikalischer Arbeiten, g; Handfertigkeitspraktikum, 4; Demonstrationspraktikum, nach Vereinbarung. — **Hass:** Einführung in das Kleine physikalische Praktikum, 1; Korpuskularstrahlen I: Elektronenstrahlen, 1. —

Technische Hochschule Darmstadt. **Rau:** Experimentalphysik unter besonderer Berücksichtigung der technischen Anwendungen: Elektrostatik, Elektromagnetismus, Strahlungserscheinungen, Atomphysik, 4; Physikalisches Praktikum, 6, für Fortgeschrittene, 12; Ausgewählte Kapitel aus der Physik, 1; Physikalisches Seminar, 1 g; Selbständige Arbeiten aus dem Gebiete der Physik, nach Vereinbarung; Werkstattkurs, 3; Physikalisches Kolloquium (mit Scherzer und Vieweg), 1 g. — **Scherzer:** Wellenoptik, 3, Übungen, 2; Ausgewählte Fragen der Quantentheorie, 1; Anleitung zu selbständigen theoretisch-physikalischen Arbeiten, nach Vereinbarung; Theoretisch-physikalisches Kolloquium (mit H. Fischer), 1 g. — **Vieweg:** Ausgewählte Abschnitte aus Wärmelehre (Strahlung) und Optik (geometrische Optik und optische Instrumente), 3; Dielektrika, unter besonderer Berücksichtigung der keramischen Isolierstoffe, 1; Übungen in technischer Physik, 6; Arbeiten in technischer Physik für Fortgeschrittene, 12; Selbständige Arbeiten in technischer Physik, nach Vereinbarung; Seminar über Fragen der technischen Physik, 1 g. — **N. N.:** Physik für Bauingenieure: Elektrizität und Magnetismus, 2; Atomphysik I, 2; Physikalischer Apparatebau, 1, Übungen, 1. — **H. Fischer:** Einführung in die theoretische Physik, 2, Übungen, 2. — **Stintzing:** Röntgentechnik: Grundlagen, Apparate, Röhren, Durchstrahlungsverfahren, 2, Übungen, 1; Röntgenpraktikum I, 3, II, 6; Selbständige Arbeiten auf dem Röntgengebiet, tägl.; Seminar für Struktur und Röntgenfragen (mit Neuhaus), 1 g. — **Mügge:** Einführung in die Wetterkunde, 2, Übungen, 1; Allgemeine Flugmeteorologie, 2, Übungen, 1; Einführung in die Geophysik, 1. — **Georgii:** Spezielle Flugmeteorologie, 2. —

Technische Hochschule Dresden. **Stuart:** Experimentalphysik II: Elektrizität, Optik, 4; Physikalisches Praktikum I, 6 und 3, II, 9; Selbständige Arbeiten im Physikalischen Institut, tägl.; Physikalisches Kolloquium (mit Falkenhagen und Wiedmann), 14tägig, 2 g. — **Falkenhagen:** Theoretische Physik: Optik, 3, Übungen, 1; Größere physikalische Arbeiten, tägl. — **Wiedmann:** Röntgenstrahlen und ihre technische Anwendung, 1; Röntgentechnische und spektroskopische Übungen, 3 und 6; Selbständige Arbeiten im Röntgenlaboratorium, tägl. — **Teichmann:** Ergebnisse der höheren Physik II, 14tägig, 2. — **Schulze:** Ergänzung zur Experimentalphysik: Ergebnisse der modernen Physik, 1; Molekülbau, 1; Physikalisches Seminar, 1. — **Frieser:** Grundlagen der Photographie, 2; Reproduktionstechnik, 1, Übungen, 2; Photographisches Praktikum I, für Anfänger, 4, II, für Fortgeschrittene, 4; Kinematographisches Praktikum (mit Joachim), 2; Selbständige Arbeiten im Photographischen Institut, 2, 4, 8, halb- und ganztägig; Kolloquium über neuere Arbeiten auf dem Gebiete der Photographie, 1 g. — **Klughardt:** Einführung in die praktische Optik I, Abbildungslehre, Strahlenbegrenzung, photometrische Grundlagen der Optik, Abbildung, Bildfehlertheorie, Lichtbeugung, 2 g; Photographische Optik, 1 g. — **Joachim:** Die Praxis des Tonfilms, 1 g. — **Goldschmidt:** Einführung in die Meteorologie, 14-tägig, 3, Übungen, nach Vereinbarung, g. — **Günther:** Geschichte des mathematisch-physikalischen Unterrichts, dabei Geschichte der Schulmathematik und Schulphysik, 2 g; Praktisch-pädagogisches Seminar, 2 g. —

Universität Erlangen. **Hilsch:** Experimentalphysik II; Elektrizitätslehre, Optik, 3, Ergänzungsvorlesung, 1; Physikalische Übungen, für Anfänger 4, für Mediziner, 2, für Fortgeschrittene, 8; Anleitung zu wissenschaftlichen Arbeiten, tägl.; Physikalisches Seminar (mit Hönl), 14tägig, 2 g;

Kolloquium über neuere physikalische und physikalisch-chemische Arbeiten (mit Hönl, Lange, Rumpf), 1 g. — **Rump**: Röntgenkunde für Mediziner, 1. — **Hönl**: Elektrodynamik, 3, Übungen, 1; Ausgewählte Kapitel der Quantentheorie, 1; Anleitung zu wissenschaftlichen Arbeiten, tägl. —

Universität Frankfurt a. M. **Cerny**: Experimentalphysik: Mechanik, Wärme, Akustik, 3. Ergänzungen, 2; Physikalisches Kolloquium (mit Madelung), 14tägig, 2; Physikalisches Praktikum, 6, 2 und 4, für Fortgeschrittene, 8; Selbständige wissenschaftliche Arbeiten, tägl. — **Dänzer**: Höhere Experimentalphysik, 2. — **Madelung**: Theoretische Optik, 4, Übungen, 1; Selbständige wissenschaftliche Arbeiten, tägl. — **Kofink**: Röntgenspektroskopie, 1; Einführung in die Quantentheorie II, 1. — **Seddig**: Physik der Nachrichtenmittel, 2; Praktikum der angewandten Physik, 3; Kleines elektrotechnisches Praktikum (mit O. Schäfer), 3 und 6, Großes elektrotechnisches Praktikum, halbtägig; Selbständige wissenschaftliche Arbeiten (mit O. Schäfer), tägl.; Kolloquium über angewandte Physik (mit O. Schäfer), 14tägig. — **O. Schäfer**: Einführung in die Schwingungslehre, 3; Schwingungsmeßtechnik: Oszillographen, 1. — **Schulz**: Ausgewählte Kapitel aus der physikalischen Optik: Beugung, Interferenz, Polarisation, 1; Fernrohre mit Entfernungsmesser, 1. — **Rajewsky**: Photoelektrische Erscheinungen, 1; Medizinische Strahlenkunde (mit Holfelder), $1^1/_2$; Selbständige wissenschaftliche Arbeiten (mit H. Schaefer), ganz- und halbtägig; Biophysikalisches Seminar: Biologische Strahlenwirkungen (mit H. Schaefer), 14tägig, 2; Biophysikalisches Kolloquium (mit H. Schaefer), 2; Seminar über die Radiumbalneologie (mit H. Schaefer), 14tägig, 2. — **H. Schaefer**: Strahlenschutz bei Röntgen- und Radiumstrahlen, 1. — **Krebs**: Radioaktive Methoden im Dienste medizinischer Forschung, 1. — **Linke**: Einführung in die Klimatologie, 2; Erdmagnetismus, 1; Meteorologisch-geophysikalisches Kolloquium (mit Mügge und Möller), 14tägig, 2; Leitung selbständiger Arbeiten, halbtägig. — **Schneider-Carius**: Flugmeteorologie, 1. — **Möller**: Synoptische Meteorologie, 2; Physikalische Ozeanographie, 1; Leitung selbständiger Arbeiten, halbtägig. —

— **Bergakademie Freiberg.** **Aeckerlein**: Physik, 4, Ergänzungen, 2, Physikalische Übungen, 3. — **Meisser**: Angewandte Geophysik II, 1, Übungen, 2; Geophysikalische Meßübungen auswärts, nach Vereinbarung, g; Einführung in die Verfahren und Ergebnisse der Erdbebenforschung, 14tägig, 1 g, Übungen, 1 g. —

Universität Freiburg i. Br. **Steinke**: Experimentalphysik II: Elektrizität und Optik, 4; Physikalisches Praktikum für Mediziner, 2, für Naturwissenschaftler, 6; Handfertigkeitsübungen, 4; Anleitung zu selbständigen Arbeiten, tägl.; Physikalisches Kolloquium (mit Mecke), 14tägig, 1 g; Physikalisches Kolloquium (mit Mecke), 1 g. — **Mecke**: Atomphysik II, 2; Theoretische Physik II, 4, Übungen und Seminar, 2 g; Anleitung zu selbständigen Arbeiten, tägl. g. — **Loßnitzer**: Allgemeine Wetter- und Klimakunde, 1; Forstmeteorologische Übungen, 1. —

Universität Freiburg (Schweiz). **Dessauer**: Experimentalphysik I: Mechanik, Akustik, Wärmelehre, 5, Ergänzungsvorlesung, 1; Repetitorium der Physik, 1; Einführung in die neuere Physik, 1; Kolloquium für Physik, nach Vereinbarung; Physikalisches Praktikum für Mediziner, 3, für Pharmazeuten, Sekundarlehrer, Mittellehrer, 4; Anfängerpraktikum für Naturwissenschaftler, 12; Physikalisches Praktikum und Anleitung zu wissenschaftlichen Arbeiten, tägl. — **Brasey**: Elektrische Messungen, 2; Physikalische Fragen für Anfänger, 2. — **Pfluger**: Thermodynamik, 2; Spezielle Probleme der Quantenmechanik, 2; Einführung in die mathematische Behandlung der Naturwissenschaften, mit Übungen, 6. —

Universität Gießen. **Hanle**: Experimentalphysik I: Mechanik, Wärme, Akustik, 4; Physikalisches Praktikum für Physiker und Naturwissenschaftler (mit Cermak), 6, für Chemiker, 3, für Mediziner und Veterinärmediziner (mit Cermak), 3; Anleitung zu selbständigen Arbeiten (mit Cermak), tägl.; Physikalisches Kolloquium (mit Bechert und Cermak), 14tägig, 2 g. — **Cermak**: Experimentalphysik für Fortgeschrittene: Metalle und Elektrolyte, 2; Handfertigkeitspraktikum, 2; Meteorologie: Physikalische Grundlagen, 1. — **Bechert**: Theoretische Physik II: Wärmelehre, 3, Übungen, 2; Mechanik der Kontinua, 2. — **Fünfer**: Fluoreszenz und Phosphoreszenz, 1. — **Lihotzky**: Grundlagen der angewandten Optik, 1 g. —

Universität Göttingen. **Pohl**: Experimentalphysik III: Elektrizität und Optik, 3; Anleitung zu wissenschaftlichen Arbeiten, tägl.; Physikalisches Kolloquium (mit Becker), 2 g. — **Mollwo**: Experimentalphysik IV: Elektrizität und Optik, 2. — **Hellwege**: Physikalisches Praktikum, 9, für Mediziner, 2; Wechselwirkung zwischen Licht und Materie, 2; Physikalisches Proseminar (mit Döring), 2 g; Anleitung zu wissenschaftlichen Arbeiten, tägl. — **Becker**: Quantentheorie, mit Übungen, 4; Seminar zur theoretischen Physik, 2 g; Anleitung zu selbständigen Arbeiten, nach Vereinbarung. — **Döring**: Elektrizität und Magnetismus, mit Übungen, 4. — **Zahn**: Angewandte Elektrizität mit Experimenten, 1; Elektrophysikalisches Praktikum, 3; Anleitung zu wissenschaftlichen Arbeiten, tägl.; Seminar über angewandte Elektrizität, 1 g. — **Prandtl**: Statik und Fertigkeitslehre, 4; Besprechung von Fragen der angewandten Mechanik, einschließlich Aerodynamik (mit Betz, Schuler und Görtler), 2 g; Anleitung zum selbständigen Arbeiten auf dem Gebiete der Hydro- und Aerodynamik, tägl. — **Schüler**: Theorie und Anwendung der Kreisellehre mit Experimenten, 4; Mechanik-Praktikum, 4; Seminar über Fragen der angewandten Mechanik, 2 g; Anleitung zu wissenschaftlichen Arbeiten auf dem Gebiete der angewandten Mechanik, tägl. — **Betz**: Anleitung zu wissenschaftlichen Arbeiten, tägl. — **Küstner**: Anleitung zu wissenschaftlichen Arbeiten auf dem Gebiete der Röntgenphysik, tägl.; Anleitung zu wissenschaftlichen Arbeiten auf physikalisch-medizinischem Grenzgebiete, tägl. — **Angenheister**: Figur und Schwerkraft der Erde, 2; Geophysikalisches und meteorologisches Praktikum, 3; Allgemeine Klimakunde, 2; Anleitung zu wissenschaftlichen Arbeiten. — **ten Bruggencate**: Physik der Sternatmosphären, 2; Astrophysikalisches Seminar, 14tägig, 2 g; Anleitung zu wissenschaftlichen Arbeiten, tägl.; Praktikum für Anfänger (mit Meyermann), 4. — **Meyermann**: Astronomische Ortsbestimmungen (zugleich Vorbereitung für das Anfängerpraktikum), 2; Ortsbestimmungen auf Forschungsreisen in den Kolonien, mit Übungen, 1. —

Universität Graz. **Rumpf**: Einführung in die Experimentalphysik II: Magnetismus, Elektrizität, Radioaktivität, 3, Ergänzungen, 2; Physikalisches Praktikum I für Anfänger, 4; Anleitung zu wissenschaftlichen Arbeiten (mit Matossi), 20; Besprechung physikalischer Fragen (mit Matossi, Wessel, Székely und Borgnis), 1. — **Matossi**: Höhere Experimentalphysik: Optik, 3; Physikalisches Praktikum II, für Anfänger, 6. — **Wessel**: Mechanik, 4, Übungen, 2; Theoretisch-physikalisches Seminar (mit Matossi und Borgnis), 2. — **Székely**: Physikalisches Rechnen, 1, Erläuterung, 1. — **Borgnis**: Theorie der Wechselströme, 2. — **Letzmann**: Allgemeine Meteorologie und Klimatologie, 2; Die Zustände der oberen Atmosphäre, 1. —

Technische Hochschule Graz. **Kohlrausch**: Aufbau der Materie, 3. — **Reitz**: Experimentalphysik I, 4; Einführung in die Mathematik für Chemiker, 2, Übungen, 1; Physikalisches Praktikum, 8. — **Fuhrmann**: Technische Mikroskopie, 2, Übungen, 1; Angewandte Photographie, 12; Mikrophotographischer Kurs, 20. —

Universität Greifswald. **Seeliger**: Experimentalphysik I: Mechanik und Wärme, 5, für Mediziner, 4; Seminar für Fortgeschrittene, 1; Praktikum für Fortgeschrittene (mit Reinkober), 9; Anleitung zu selbständigen Arbeiten, tägl.; Kolloquium (mit Reinkober), 2 *g*. — **N. N.**: Kursvorlesung V aus der Theoretischen Physik, 3, Übungen, 14tägig, 2; Anleitung zu selbständigen theoretischen Arbeiten, tägl. — **Reinkober**: Physik der Atmosphäre, 1; Physikalische Meßeinheiten und Meßmethoden, 1; Seminaristische Übungen zur Physik, 2; Physikalisches Praktikum für Naturwissenschaftler, 6, für Mediziner, 2; Anleitung zu selbständigen Arbeiten, tägl. —

Universität Halle. **Kast**: Experimentalphysik I: Mechanik, Akustik, Wärme, 3, Ergänzung, 2; Der Molekularbau der Flüssigkeiten, 1; Physikalisches Praktikum für Mediziner, 2; Physikalische Übungen für Naturwissenschaftler, 6; Technisch-physikalische Übungen für Fortgeschrittene, 6; Seminar für Experimentalphysik, 2 *g*; Anleitung zu selbständigen physikalischen Arbeiten (mit Pose und Faeßler), tägl.; Physikalisches Kolloquium (mit Smekal), 14tägig, 2 *g*. — **Smekal**: Theoretische Physik: Wärmelehre, 4, Übungen, 1 *g*; Molekularbau der Gläser und Kunststoffe, 1; Seminar für theoretische Physik, nach Vereinbarung, *g*; Anleitung zu selbständigen physikalischen Arbeiten, tägl. — **Pose**: Höhere Experimentalphysik, physikalische Optik, 3. — **Faeßler**: Kristalle und Röntgenstrahlen: Röntgenspektroskopie und Kristallstruktur, 2. — **Stammler**: Raum und Zeit, $1^1/_2$. Naturphilosophische Arbeitsgemeinschaft: Die naturwissenschaftliche Begriffsbildung, 2. —

Universität Hamburg. **Koch**: Experimentalphysik: Mechanik, Akustik, Optik, 3; Physikalisches Praktikum für Naturwissenschaftler (mit Goos, Meyer und Müller), 4, für Mediziner, 2; Anleitung zu wissenschaftlichen Untersuchungen (mit Tams, Goos und Meyer), tägl. — **Meyer**: Ergänzungen zur Experimentalphysik: Mechanik, Akustik, Optik, 1; Physikalisches Proseminar (mit Knauer), 2. — **Goos**: Photometrie, 1. — **Lenz**: Mechanik I, mit Übungen, 4; Quantentheorie (Fortsetzung), 2. — **Jensen**: Einführung in die Atomtheorie, für Naturwissenschaftler, 1; Physikalisches Kolloquium (mit Harteck, Heckmann, Lenz und Möller), 2; Besprechung neuerer kernphysikalischer Arbeiten (mit Harteck, Knauer und Groth), 2. — **Müller**: Anleitung zur Ausführung von physikalischen Schulversuchen, 2. — **Möller**: Physikalisch-technisches Kolloquium (mit Hagen), 2; Elektrotechnisches Praktikum (mit Döhler), 10; Elektrizitätslehre, mit Versuchen, 2, Übungen, 2; Anleitung zu den Arbeiten Fortgeschrittener (mit Hagen und Döhler), tägl. — **Hagen**: Ausgewählte Themen aus der angewandten Elektrizitätslehre II, 1. — **v. d. Steinen**: Technische Hydromechanik mit Versuchen, nach Vereinbarung. — **Heckmann**: Einführung in die Astrophysik, 2; Sphärische Astronomie und geographische Ortsbestimmung, 2. — **Dolberg**: Theorie der astronomischen Strahlenbrechung, 1. — **Errulat**: Erdmagnetismus, 1; Geographisches Kolloquium (mit Raethjen, Kleinschmidt, Schulz, Tams, Kuhlbrodt und Seilkopf), 14tägig, $1^1/_2$. — **Kleinschmidt**: Allgemeine Meteorologie, nach Vereinbarung. — **Raethjen**: Dynamische Meteorologie mit Übungen, 4; Meteorologisches Instrumentenpraktikum, 3; Besprechung meteorologischer Arbeiten und Probleme, 2. — **Kuhlbrodt**: Anleitung zu praktischer klimatologischer Arbeit, nach Vereinbarung. — **Semmelhack**: Klima und Mensch im tropischen Westafrika, mit Übungen, 1. —

Technische Hochschule Hannover. **Hase**: Experimentalphysik, 3. — **v. Meyeren**: Physikalisches Praktikum, 4; Arbeiten im physikalischen Laboratorium für Fortgeschrittene, tägl.; Thermodynamik, 3, Übungen, 1. — **Hinzpeter**: Physik für Tierärzte, mit Experimenten, 2. —

Universität Heidelberg. **Becker**: Experimentalphysik II: Optik, Elektrizität, 3 und 4; Physikalisches Praktikum für Mediziner, 3, für Naturwissenschaftler, 6; Selbständige physikalische und physikalisch-technische Arbeiten, tägl. außer Sonnabend; Physikalisches Seminar (mit Wesch), 2; Physikalisches, physikalisch-chemisches, mathematisches Kolloquium, 14tägig, *g*. — **Wesch**: Theorie der Mechanik, 3; Radiologie: Bau der Materie, 2; Funktechnik: Fernsehen mit Experimenten, 1; Selbständige physikalische Arbeiten, tägl. außer Sonnabend. — **Bothe**: Kolloquium über naturwissenschaftlich-medizinische Arbeiten (mit Kuhn), 14tägig, 1. — **Fleischmann**: Atomkerne II: Kernumwandlung, künstliche Radioaktivität, 1. — **Stehberger**: Physikalische Meßtechnik IV: Geophysikalische Messungen, 1. — **Peppler**: Allgemeine Klimakunde, $1^1/_2$. —

Universität Innsbruck. **Lerch**: Physik II, 3, I, 2; Physikalisches Praktikum (mit Tagger), 6, für Mediziner (mit Steinmaurer), 2; Wissenschaftliche Arbeiten für Vorgeschrittene (mit Steinmaurer), 10. — **March**: Mechanik I, 5, Übungen, 2. — **Sonvico**: Wechselstromtechnik, 2 *g*. — **Steinmaurer**: Elektrizität, 3. — **Oberguggenberger**: Physik der Sonne und der Weltkörper des Sonnensystems, 4; Photographische Photometrie mit Übungen, 1; Übungen an der Sternwarte, 6. — **Wagner**: Allgemeine Meteorologie I, 4. —

Universität Jena. **Kulenkampff**: Experimentalphysik II: Elektrizitätslehre, Atomphysik, 4, für Mediziner, 3; Physikalisches Praktikum für

Mathematiker und Physiker (mit Wisshak), 6, für Chemiker und Pharmazeuten, 3, für Mediziner (mit Raether und Wisshak), 2; Leitung selbständiger physikalischer Arbeiten (mit Hettner und Raether), tägl.; Physikalisches Kolloquium (mit Kühl, Hettner und Goubau), 2 g. — **Hettner:** Mechanik, mit Übungen, 4; Theorie der Wärmestrahlung, 2; Theoretisch-physikalisches Seminar für Fortgeschrittene, 1 g; Anleitung zu selbständigen theoretisch-physikalischen Arbeiten, tägl. — **Wisshak:** Experimentalphysik für Fortgeschrittene I: Mechanik, 2; Handfertigkeitspraktikum, 3. — **Raether:** Ausgewählte Kapitel der modernen Physik, 2; Physikalisches Praktikum für Fortgeschrittene, 10. — **Goubau:** Einführung in die Elektrotechnik, 3; Technisch-physikalisches Praktikum, 3, Einführung, 1 g; Anleitung zu selbständigen wissenschaftlichen Arbeiten, tägl.; Technisch-physikalisches Seminar, 1 g. — **Kühl:** Geometrische Optik, 4; Praktikum der optischen Untersuchungsmethoden, 4; Mikroskopisches Praktikum, 2; Leitung selbständiger Arbeiten, tägl.; Optisches Kolloquium, 14tägig, 2 g. — **Rzymkowsky:** Stereophotographie, mit Übungen, 1. — **Sieberg:** Angewandte Erdbebenkunde, 1 g; Erdbebenkundliches Kolloquium; nach Vereinbarung, g; Anleitung zu selbständigen Arbeiten, g; Erdbebenkundliches Praktikum, nach Vereinbarung, g. — **Müller:** Die Anwendung der gravimetrischen Meßmethoden zur Erforschung von Erdöllagerstätten, 1 g. — **Martin:** Einführung in die Geophysik, 1 g; Einführung in die Instrumentenkunde der angewandten Geophysik (mit Müller), 2 g; Allgemeine geophysikalische Untersuchungsmethoden (mit Müller), 2 g; Anleitung zu selbständigen geophysikalischen Arbeiten, tägl., g. — **Siedentopf:** Bau des Sternsystems, 2; Sonnenphysik, 1; Synoptische Meteorologie, 2; Übungen im Wetterkartenzeichnen, 3; Anleitung zu selbständigen Arbeiten, tägl. — **Bucerius:** Ausgewählte Fragen der Himmelsmechanik, 2. —

Technische Hochschule Karlsruhe. **Bühl:** Experimentalphysik B: Optik, Elektrizitätslehre, 4 und 3; Kleines physikalisches Praktikum, 6; Physikalisches Praktikum, 8 und 3, Oberstufe (mit Volkmann), halbtägig; Anleitung zu selbständigen Arbeiten im Physikalischen Institut, nach Vereinbarung; Physikalisches Kolloquium (mit Wolf und Volkmann), 14tägig, 1 g. — **Wolf:** Theoretische Physik A: Elektrizitätslehre, 4; Teilgebiete aus der Quantenmechanik, 1, Übungen, 2 g; Physikalisches Praktikum, Oberstufe, halbtägig; Anleitung zu selbständigen physikalischen Arbeiten, nach Vereinbarung; Physikalisches Seminar (mit Volkmann), 1. — **Volkmann:** Lumineszenz und ihre technische Anwendung, 2; Technische Optik I, 2; Einführung in das physikalische Praktikum, 1; Physikalisches Praktikum für Lichttechniker, 3. — **Peppler:** Allgemeine Klimakunde, 2; Das Problem der Wettervorhersage: Synoptische Witterungskunde, 2. —

Universität Kiel. **Kopfermann:** Experimentalphysik II: Elektrizität, Optik, 3, Zusatzvorlesung, 1; Physikalisches Praktikum für Anfänger, 4 oder tägl., für Fortgeschrittene, 4 oder tägl., für Mediziner, 2; Forschungsarbeiten, tägl.; Physikalisches Kolloquium (mit Unsöld), $1^1/_2$ g. —

Universität Köln. **Kirchner:** Experimentalphysik: Akustik, Optik, Wärme, 4, für Mediziner, 3; Physikalisches Praktikum (mit Hiedemann), 7, für Mediziner, 14tägig, 2, für Fortgeschrittene (mit Försterling und Malsch), 7; Anleitung zu wissenschaftlichen Arbeiten, tägl.; Physikalisches Seminar, 2 g; Physikalisches Kolloquium (mit Försterling und Malsch), 2 g. — **Försterling:** Thermodynamik, 4; Wissenschaftliche Arbeiten, tägl. — **Malsch:** Hochfrequenztechnik, 2; Technisch-physikalisches Praktikum, 7; Leitung selbständiger wissenschaftlicher Arbeiten, tägl.; Technisch-physikalisches Seminar, 1 g; Musikalische Akustik, 1; Akustische Übungen, nach Vereinbarung. — **Hiedemann:** Akustik, 2; Anleitung zu wissenschaftlichen Untersuchungen, tägl. —

Universität Leipzig. **Hoffmann:** Experimentalphysik II: Elektrizität, Magnetismus, Licht, 5, für Mediziner, 3; Physikalisches Praktikum, 3, 6 oder 9, für Mediziner, 2; Praktikum für Vorgeschrittene, 9; Selbständige physikalische Arbeiten, nach Vereinbarung; Seminar über die Arbeiten des Instituts, nach Vereinbarung, g; Physikalisches Kolloquium (mit Heisenberg), $1^1/_2$ g. — **Hund:** Einführung in die mathematische Behandlung naturwissenschaftlicher Fragen, mit Übungen, 4; Atomistik, 3. — **Heisenberg:** Theoretische Physik I: Mechanik, 4, Übungen, 1; Seminar über die Struktur der Materie (mit Hund), 2 g; Selbständige theoretisch-physikalische Arbeiten (mit Hund), nach Vereinbarung. — **Schiller:** Physikalische Grundlagen der Luftschiffahrt und Flugtechnik, 2; Strömungs- und wärmetechnisches Praktikum für Vorgeschrittene, 3, 6 oder 9; Selbständige Arbeiten aus der technischen Strömungs- und Wärmelehre, nach Vereinbarung; Besprechung neuerer Arbeiten aus Strömungs- und Wärmelehre, nach Vereinbarung. — **Karolus:** Hochfrequenztechnik, 2, Übungen, 3; Praktikum für Vorgeschrittene, 9; Selbständige Arbeiten aus der Elektrizitätslehre, nach Vereinbarung; Besprechung neuerer Arbeiten, nach Vereinbarung. — **Döpel:** Lichtelektrische Erscheinungen, 1; Kernphysikalisches Praktikum, 3; Praktikum für Vorgeschrittene, 9; Selbständige Arbeiten aus der Strahlungsphysik, nach Vereinbarung. — **Möbius:** Korpuskularstrahlen, 2. — **Kaempf:** Photographie, 1. — **Weickmann:** Thermodynamik der Atmosphäre, 2; Erdbebenkunde, 2; Arbeiten im Geophysikalischen Institut und im Observatorium am Collmberg, tägl.; Geophysikalisches Praktikum, 3 g; Geophysikalisches Kolloquium, 2 g. —

Universität Marburg. **Grüneisen:** Experimentalphysik I: Mechanik, Wärme, 4, für Mediziner und Zahnmediziner, 3; Physikalisches Kolloquium, 2 g; Physikalisches Praktikum für Anfänger (mit Vogt), 3, für Mediziner (mit Hückel und Vogt), 2, für Fortgeschrittene (mit Vogt), 8; Physikalisches Praktikum für Geübte: Leitung wissenschaftlicher Arbeiten (mit Vogt), tägl. — **Hückel:** Theorie der Elektrizität und des Magnetismus, 4, Übungen, 1; Seminar über Atomphysik, $1^1/_2$ g. —

Universität München. **Gerlach:** Experimentalphysik: Mechanik, Akustik, Wärme, 4, für Mediziner, 3; Physikalische Übungen für Anfänger A, 4, B, 4, Ergänzungskurs C, 4, für Pharmazeuten (mit Kappler), 4; Anleitung zu wissenschaftlichen Arbeiten (mit Rüchardt), tägl.; Übungen für Fortgeschrittene (mit Rüchardt), tägl.; Physikalisches Seminar (mit Rüchardt), 2 g; Demonstrationspraktikum für Mediziner, 2. — **Müller:** Mechanik starrer Körper, 4, Übungen, 2;

Stabilität des Flugzeugs, 2; Theoretisch-physikalisches Seminar, 2. — **Rüchardt:** Höhere Experimentalphysik, ausgewählte Fragen aus dem Atomismus und der Elektronik, mit Versuchen, $1^1/_2$. — **Auer:** Angewandte Physik: Metallkunde, Elektrische Eigenschaften der Metalle, 1. — **Kappler:** Physik des Atomkerns, 2. — **Rollwagen:** Chemische Spektralanalyse für Physiker und Chemiker, 1. — **Schmauss:** Meteorologie I, 4, Ergänzungen, 1; Besprechungen für Fortgeschrittene, 14tägig, $1^1/_2$ g.

Universität Münster. **Senftleben:** Experimentalphysik für Naturwissenschaftler: Mechanik, Akustik, Wärme, 5, für Mediziner, 3; Die Atomphysik in Wissenschaft und Technik, 2; Anwendungen der Physik in der Medizin (mit v. Calker), 1; Physikalisches Praktikum, 3, 6 oder tägl., für Mediziner, 2; Physikalisches Kolloquium (mit Kratzer), 2. — **Kratzer:** Thermodynamik mit Übungen, 5; Einführung in die Atomtheorie, 3; Theoretisch-physikalisches Seminar, 2. — **Siemens:** Ausgewählte Kapitel aus der Elektrotechnik, 2. —

Universität Prag. **Gudden:** Physik I: Mechanik, Schwingungslehre und Wärme, 3; Ausgewählte Abschnitte der Mechanik und Schwingungslehre, 2; Physikalische Übungen für Anfänger, 6, 2, 3 und 1, für Fortgeschrittene, 15; Anleitung zu wissenschaftlichen Arbeiten, 15 g; Physikalisches Kolloquium (mit Böhm, Findeisen, Flegler, Glaser, Schaub und Schlomka), 2 g. — **Glaser:** Theoretische Physik I: Mechanik, 4, Übungen, 2 g, Seminar, 2 g; Strahlungstheorie, 2 g; Anleitung zu wissenschaftlichen Arbeiten, 15 g. — **Schlomka:** Mechanik des Erdkörpers, 4; Geophysikalisches Praktikum, 3; Anleitung zu wissenschaftlichen Arbeiten, 15. — **Findeisen:** Synoptische Meteorologie, 2; Atmosphärische Optik, 1; Atmosphärische Elektrizität, 1. —

Technische Hochschule Prag. **Gudden:** Physik I: Mechanik, Schwingungslehre, Wärme, 3, IV: Ausgewählte Abschnitte der Optik, 2; Physikalische Übungen, Anleitung zum Beobachten und Messen, 6 und 2, für Fortgeschrittene, 15; Anleitung zu wissenschaftlichen Arbeiten, tägl.; Physikalisches Kolloquium (mit Glaser), 1. — **Glaser:** Einführung in die theoretische Physik I: Mechanik, 4; Seminar aus theoretischer Physik, 2; Übungen zur theoretischen Physik, 2; Anleitung zu wissenschaftlichen Arbeiten, tägl. — **Möller:** Allgemeine Wärmelehre, 2, Übungen, 1. — **Barth:** Wärmeübertragung, 2, Übungen, 2. —

Universität Straßburg. **Hiedemann:** Theorie der Schwingungen 1; Ultraschall, 2; Physikalisches Kolloquium, 14tägig, 2; Anleitung zu wissenschaftlichen Arbeiten, tägl. — **Jung:** Erdbeben, Aufbau der Erde, Erdmagnetismus, 2; Geophysikalisches Seminar (Vorträge der Teilnehmer, Besprechung neuerer Literatur), 2; Geophysikalisches Praktikum, 3; Anleitung zu wissenschaftlichen Arbeiten, nach Vereinbarung. —

Technische Hochschule Stuttgart. **Schmidt:** Grundlagen der Physik II: Elektrizitätslehre und Optik, 3, Ergänzungen, 1; Physikalisches Praktikum, 3, 4 oder 6, für Fortgeschrittene (mit Lenz), 3 oder 6; Anleitung zu wissenschaftlichen Arbeiten (mit Lenz), tägl.; Seminar für experimentelle Physik (mit Lenz), 1 g. — **Dehlinger:** Theoretische Physik: Elektrodynamik, 4; Theoretikum, 2; Kristallphysik und Kristallchemie der Metalle, 2; Wissenschaftliche Arbeiten (mit Kochendörfer); Physikalisches Kolloquium (mit Glocker, Lenz, Reiher, Schmidt und Kochendörfer), 1 g. — **Kochendörfer:** Atomphysik II: Wellenmechanik, 2, III: Kernphysik, 1. — **Glocker:** Röntgentechnik (abgekürzter Kurs), 1, Übungen, 2; Röntgenpraktikum für Fortgeschrittene, 1, Übungen, 2; Anleitung zu wissenschaftlichen Arbeiten im Röntgenlaboratorium (mit Luther), tägl. — **Kramer:** Angewandte Optik, 2, Übungen, 1. — **Reiher:** Einführung in die technische Physik, 2; Technisch-physikalische Meßmethoden (mit Gösele und Schüle), 2, Übungen, 3; Technisch-physikalisches Sondergebiet: Schall- und Erschütterungstechnik (mit Gösele), 2, Übungen, 3; Technisch-physikalisches Seminar, Unterstufe (mit Gösele und Schüle), 14tägig, 2, Oberstufe, 14tägig, 2; Anleitung zu wissenschaftlichen Arbeiten (mit Gösele und Schüle), tägl. —

Universität Wien. **Lechner:** Schwingungslehre, 2. — **Stetter:** Wärme, 5; Physikalisches Praktikum für Anfänger (mit Schintlmeister), 6, für Naturhistoriker und Chemiker (mit Wambacher), 6, für Chemiker, tägl., für Vorgeschrittene (mit Schintlmeister), 10; Einführung in wissenschaftliche Arbeiten, tägl.; Wissenschaftliche Arbeiten Vorgeschrittener, tägl.; Besprechung neuerer Arbeiten, zugleich Seminar, 1 g. — **Kirsch:** Einführung in die Physik I, für Lehramtskandidaten, 4; Physikalische Übungen, 4; Wissenschaftliche Arbeiten Vorgeschrittener, tägl.; Einführung in wissenschaftliche Arbeiten, tägl.; Übungen in Schulversuchen, 6. — **Haschek:** Experimentalphysik I, 3, II, 3. — **Ortner:** Röntgenspektroskopie, 1; Kernphysik, 2; Wissenschaftliche Arbeiten Vorgeschrittener im Radiuminstitut, tägl. — **Flamm:** Strahlen- und Wellenoptik, 5; Seminar für theoretische Physik, 1; Proseminar für theoretische Physik, 1. — **Sexl:** Einführung in die Bohrsche Theorie, 2; Vektoranalysis, 1, Übungen, 1. — **Bauer:** Partielle Differentialgleichungen der Physik, 3; Physikalische Rechenübungen, 1; Vektorrechnung, 2; Ausgewählte Kapitel der Wehrphysik, 2. — **Sirk:** Einführung in die mathematische Behandlung der Naturwissenschaften, 4, Übungen, 2; Elemente der theoretischen Physik, 2. — **Seidl:** Röntgenstrahlen und ihre Anwendung, 2; Physik II, für Mediziner, 3; Physikalisches Praktikum, 2. — **Karlik:** Spektralanalyse mit besonderer Berücksichtigung ihrer praktischen Anwendungen, 2. — **Schintlmeister:** Physikalische Meßtechnik, 1. — **Herzog:** Elektronenoptik, 1; Hochvakuumtechnik, mit Übungen, 2. — **Wambacher:** Die physikalischen Grundlagen des photographischen Prozesses, 1. — **v. Ficker:** Allgemeine Meteorologie I, 3; Meteorologische Übungen, für Fortgeschrittene, 2; Meteorologisches Kolloquium (mit Noth), 2 g. — **Noth:** Flugmeteorologie Mitteleuropas, 1. —

Technische Hochschule Wien. **Mache:** Wärmelehre, 3, Ergänzung, 2; Elektrizitätsleitung in Gasen, 2; Physikalisches Praktikum I, 4 und 8, II (mit Aigner), 30. — **Gabler:** Elektro- und Magnetoptik, 2. — **Flamm:** Elektromagnetische Lichttheorie, 2; Partielle Differentialgleichungen der Physik (mit Bauer), 3; Physikalische Rechenübungen, 1; Physikalisches Seminar, 1; Theorie der Elektrizität, 3. — **Hofbauer:** Strahlenoptik (geometrische Optik), 2; Physik, 4 und 3; Raumakustik, $1^1/_2$. — **Bauer:** Vektorrechnung mit physikalischen Anwendungen, 2; Ausgewählte Kapitel der Wehrphysik, 2; Besondere Unterrichtslehre Physik, 2. —

Universität Würzburg. **Harms:** Experimentalphysik: Elektrizität und Optik, 14tägig, 5, für Fortgeschrittene, 2; Physikalische Übungen für Anfänger, 6 und 3, für Mediziner, 2, für Fortgeschrittene, 1 halber Tag; Anleitung zu wissenschaftlichen Arbeiten, tägl. — **Ott:** Einführung in die theoretische Physik II, 4, Übungen, 1. —

Universität Zürich. **Meyer:** Experimentalphysik: Mechanik, Akustik, Wärme, 5, Ergänzungen, 1; Physikalisches Praktikum, für Anfänger, $3^1/_2$, für Vorgerückte, halbtägig, Ausführung selbständiger wissenschaftlicher Arbeiten, tägl.; Übungen im Demonstrieren von Schulexperimenten, 2, Theoretische Ergänzungen, 1 g; Seminar über Experimentalphysik (mit Zuber), 2 g; Physikalisches Kolloquium (mit Wentzel und Zuber), 2 g. — **Wentzel:** Mechanik der Massenpunkte und der starren Körper, 4, Übungen, 1; Theoretisch-physikalisches Seminar (mit Stueckelberg), 2 g; Quantentheorie der Strahlung, 2. — **Ratnowsky:** Vektoranalysis, 2. — **Zuber:** Kernphysik, 2; Repetitorium der Experimentalphysik, 1. —

Technische Hochschule Zürich. **Scherrer:** Physik I: Mechanik, Wellenlehre, Optik, 4, Übungen, 1 und 2; Strahlung und Materie, 2; Seminar über aktuelle Probleme der experimentellen Physik, 2; Physikalisches Praktikum für Anfänger, 4 und 8, für Fortgeschrittene, 8, 12 und 24; Physikalisches Kolloquium, 2; Selbständige Arbeiten in Physik, 8, 12 und 24. — **Tank:** Experimentalphysik: Mechanik, Elektrizität, 3, Übungen, 1; Technische Optik, 2; Hochfrequenztechnik II, 2; Praktikum in Hochfrequenztechnik, 3, 6 und 12; Diplomarbeiten in Hochfrequenztechnik; Selbständige Arbeiten auf dem Gebiete der Hochfrequenztechnik, 8, 12 und 24. — **Fischer:** Viel- und Vierpole, 2; Leitung selbständiger Arbeiten im Institut für technische Physik, tägl. — **Brandenberger:** Technische Röntgenographie, 1. — **Busch:** Kurs für Feinmechanik, 2. — **Favre:** Mechanik II, 4, Übungen, 3, Kolloquium, 1; Analytische Mechanik, 2, Übungen, 1. — **Gaßmann:** Angewandte Geophysik, 2; Geophysikalische Übungen, 3. — **Huber:** Thermodynamik, 3; Übungen, 1. — **Lugeon:** Allgemeine Meteorologie mit Rücksicht auf das Flugwesen, 2. — **Oßwald:** Architekturakustik und Bauisolation, 2; Leitung selbständiger Arbeiten im Laboratorium für Akustik, tägl. — **Ratnowsky:** Spezielle Didaktik des Physikunterrichts an der Mittelschule, 2. — **Rüst:** Photographie I, 2; Mikrophotographie, 1; Photographisches Praktikum, 2; Photographisches Vollpraktikum, tägl. — **Sänger:** Bandenspektren, 2; Physikalisch-technische Probleme der Artillerie, 1. — **Waldmeier:** Die physikalische und chemische Konstitution der Sterne, 1 g; Selbständige astrophysikalische Arbeiten, tägl.; Einführung in die Chemie und Analyse der Lebensmittel, mit praktischen Vorweisungen, 3. — **Wentzel:** Quantentheorie der Strahlung, 2; Theoretisch-physikalisches Seminar, 2 g. — **Ziegler:** Mechanik II, 4, Übungen, 3, Kolloquium, 1. —

BESPRECHUNGEN

Sämtliche in diesem Heft besprochenen oder vom Verlag angezeigten Bücher sind in allen deutschen Buchhandlungen zu erhalten

G. Briegleb, Atome und Ionen. (Hand- und Jahrbuch der Chemischen Physik, herausgegeben von A. Eucken und K. L. Wolf, Band 2, Abschnitt IA.) Leipzig 1940. Akademische Verlagsgesellschaft. 404 Seiten mit 150 Figuren im Text. Preis brosch. RM. 38.50.

Auf knapp 400 Textseiten wird das riesige Gebiet in vier Hauptabschnitten dargestellt:

1. Der Element- und Atombegriff und allgemeine Eigenschaften der Atome (84 Seiten),
2. Die Elementarteilchen (83 Seiten),
3. Der Atomkern (100 Seiten) und
4. Aufbau der Atomhülle (119 Seiten).

Schon diese Stoffeinteilung zeigt, wie sehr dieser Handbuchbeitrag der Entwicklung der letzten Jahre Rechnung trägt. Gleichzeitig macht auch ein Vergleich mit der Art der Behandlung des Gebiets in den vorliegenden Handbüchern anschaulich, welche gewaltige Schwerpunktsverschiebung das letzte Jahrzehnt für die Atomphysik bedeutet hat. Der Abschnitt „Kernphysik" enthält fast ausschließlich Dinge, zu denen vor zehn Jahren noch kaum spürbare Ansätze vorlagen. Und wenn der Abschnitt „Elementarteilchen" einen großen Anteil an älterem Wissen enthält, so ist auch hier der Bruchteil des Neuen, ja sogar des Allerneuesten (Meson!) sehr groß, und allein die Tatsache, daß es möglich ist, einen besonderen Abschnitt diesem Teilgebiet zu widmen, der ein Viertel des ganzen Beitrages umfaßt, zeigt die Änderung der Blickrichtung. Daß auch die anderen Abschnitte diesen Gesamteindruck bestätigen, versteht sich; so enthält der erste eine eingehende Behandlung der Isotopie unter besonderer Herausstellung der Isotopentrennverfahren, die seit der Erfindung des Trennrohres durch Clusius so sehr in den Vordergrund gerückt sind und gerade für ein Handbuch der chemischen Physik von besonderem Interesse sein müssen.

Ist es dem Verfasser und den Herausgebern gleichermaßen zu danken, daß hier zum ersten Male eine größere Darstellung vorgelegt wird, die diese Wandlung des Stoffes vor Augen führt, so gebührt dem Verfasser selbst besonderer Dank für die große Vollständigkeit, die kein noch so kleines Teilgebiet ganz außer acht läßt. Das Buch wird dadurch zu einer Fundgrube von Anregungen aller Art; der Referent selbst hat für eine Vorlesung über Elementarteilchen manche Anregung daraus geschöpft.

Selbstverständlich zeigen sich auch einige Mängel, die letzten Endes aus der Größe des Stoffes erwachsen. So werden bei den Kernmodellen und Kernkräften manche Fragen in einer Form behandelt, die sie gesicherter erscheinen lassen, als

sie wirklich sind. Freilich liegt darin eine generelle Schwierigkeit aller zusammenfassenden Darstellungen; das Streben, ein abgerundetes und möglichst geschlossenes Bild des behandelten Gegenstandes zu entwerfen, führt fast immer dazu, jene Stellen nicht genügend zu betonen, an denen dies Bild noch versagt. Auch waren die Kernphysiker selbst zunächst von den großen Fortschritten dieses Gebietes so beeindruckt, daß sie die Schwierigkeiten gering achteten; erst in den letzten Jahren beginnt sich hier wieder eine Periode steigender Skepsis anzubahnen.

Eine andere Schwierigkeit, mit der jede derartige Darstellung zu kämpfen hat, ist die große Kluft, die leider immer noch experimentelle und theoretische Forschung voneinander scheidet. Der Verfasser hat zwar den Mut, die Mathematik dort unbedenklich zu verwenden, wo sie zum Verständnis nun einmal wohl oder übel nötig ist; anderseits kann er aber den notwendigen Unterbau, der den Rahmen des Buches weit überschreiten würde, nicht bringen und bei der überwiegenden Zahl seiner Leser auch nicht voraussetzen; die Folge ist, daß alle derartigen Erörterungen in der Luft schweben. Dies gilt etwa für die Erläuterung der Austauschkräfte bei den Atomkernen; es gilt aber auch für die Art der Einführung der Schrödinger-Gleichung in § 17 und die nachfolgende Besprechung der Dirac-Gleichungen und des Elektronenspins (alles zusammen auf drei Seiten!).

Die unbestreitbaren Verdienste des Verfassers werden leider geschmälert durch eine erhebliche Flüchtigkeit und einen Mangel an Durcharbeitung von Einzelheiten. Als Beispiel sei die Stelle auf S. 157 angeführt, wo von der Wechselwirkungsenergie eines Neutrons mit einem anderen Materieteilchen behauptet wird, daß sie „nur in solchen Abständen r endliche Werte annimmt, die von der Größenordnung der zugehörigen De Broglie-Wellenlängen sind". In dieser Form ist die Aussage natürlich falsch. Gemeint ist, daß der Wirkungsquerschnitt von der Größenordnung des Quadrats der Wellenlänge werden kann, obwohl die Wechselwirkungsenergie bereits auf Abstände r von Kerndimension abklingt. Die Folgerungen, die dann gezogen werden, sind wieder ganz in Ordnung und bestätigen, daß der Verfasser das Richtige meint. Leider sind solche Ungenauigkeiten aber recht häufig und ihre gründliche Beseitigung bei einer eventuellen Neuauflage (die man dem Buch sonst nur von Herzen wünschen kann) unbedingt notwendig.

Der Band enthält ein umfangreiches Namen- und Sachverzeichnis. Von großem Nutzen sind die sehr zahlreichen Literaturhinweise, besonders auch das sehr ausgedehnte Zitieren von zusammenfassenden Darstellungen. Die Verfassernamen sind leider recht oft durch Druckfehler entstellt.

Im ganzen kann man die Lektüre des Buches jedem empfehlen, der sich über das Gesamtgebiet oder einen größeren Teil desselben zu orientieren wünscht. Das Werk wäre auch ausgezeichnet für den Bücherschrank des Physikstudenten geeignet, zumal es mit den in Vorlesungen so gern behandelten modernsten Problemen auch die etwas vernachlässigten Stoffgebiete vereinigt, die in den zwanziger Jahren im Mittelpunkt des Universitätsunterrichts standen — wenn nicht bedauerlicherweise auch hier, wie so oft, der hohe Preis diese Möglichkeit versperrte.

S. Flügge (Berlin-Dahlem)

Gey-Teichmann, Einführung in die Lehre vom Schuß. 4., verbesserte und erweiterte Auflage. 8°. 129 Seiten. Mit 68 Abbildungen und 2 Tafeln. Leipzig und Berlin 1941. B. G. Teubner. Geb. RM 3,60. (Mathematisch-Physikalische Bibliothek, Reihe II, Nr. 11).

Die 4. Auflage (vgl. diese Zeitschrift 40, 195, 1940) bringt außer der Beseitigung von Druckfehlern nur eine kleine Änderung: einen kurzen Abschnitt über Durchschlagswirkung von Geschossen bei verschiedenen Auftreffwinkeln, die beim Schießen auf Panzerziele in Frage kommen. Leider fehlen die Definition des Auftreffwinkels und an den Kurven die Kampfentfernungen.

W. Möbius

I. A. van Lammeren, Technik der tiefen Temperaturen. VIII und 256 S. Mit 116 Abbildungen. Berlin 1941. Verlag J. Springer. Preis geb. RM. 19,80.

Das hier vorgelegte Buch gibt eine Darstellung der Methodik zur Erzeugung und Konstanthaltung tiefer Temperaturen, wie sie in physikalischen Kältelaboratorien geübt wird; einleitende allgemeine Kapitel über die Theorie der Wärmetechnik und des Magnetismus sollen dem Anfänger ein Eindringen in diesen Spezialzweig physikalischer Experimentiertechnik erleichtern, und ein ausführliches Literaturverzeichnis ist dazu bestimmt, dem fortgeschrittenen Forscher ein Spezialstudium zu ermöglichen.

Das Buch beginnt mit einer interessanten historischen Übersicht weiten Horizontes, die zeigt, wie die Entwicklung der Gasverflüssigung und Erzeugung tiefer Temperaturen sowohl vom Fortschritt des naturwissenschaftlichen Weltbildes wie der Experimentiertechnik abhing. Hierauf bietet das I. Kapitel eine einleitende Einführung in die thermodynamischen Grundlagen der Gasverflüssigung, wie in die Zustandsgleichungen, die Hauptsätze der Thermodynamik, die absolute Temperaturskala, thermodynamische Funktionen und Diagramme sowie kälteerzeugende Zustandsänderungen. Nach einem II. Kapitel über die Theorie der Gegenströmer kann im folgenden Abschnitt die Luftverflüssigung nach verschiedenen Methoden behandelt und quantitativ verglichen werden. In ähnlicher Weise behandelt das IV. Kapitel die Wasserstoff-, das V. die Heliumverflüssigung. Im VI. Kapitel werden die Möglichkeiten der Temperatursenkung durch Desorption besprochen, und der VII. Abschnitt erläutert nach einer didaktisch wohlgelungenen Einführung in die erforderliche Theorie des Magnetismus und in die Thermodynamik der Magnetisierung die Methodik der Temperatursenkung durch adiabatische Entmagnetisierung paramagnetischer Salze; mit der de Haas und Mitarbeiter eine Rekordtemperatur von 0,004° abs erreichten. Das letzte Kapitel macht mit dem Handwerkszeug des Kältephysikers bekannt und beschreibt hierzu eingehender die verschiedenen Kryostatenkonstruktionen des Leidener Kältelaboratoriums.

Von der rühmlichst bekannten Darstellung Meißners im Geiger-Scheelschen Handbuch der Physik, Bd. XI, unterscheidet sich das neue Buch sowohl durch die geringeren theoretischen Ansprüche zugunsten der Nichtspezialisten wie

durch die Neuheit, die wichtige Fortschritte wie das magnetokalorische Verfahren aufzunehmen gestattete. Insofern ist van Lammerens Buch geeignet, eine Lücke des deutschen Schrifttums in doppelter Hinsicht auszufüllen, und es möge daher gestattet sein, einige Vorschläge für die dem Verfasser zu wünschende baldige Neuauflage auszusprechen.

Da die Theorie und Technik der Luftverflüssigung wegen ihrer volkswirtschaftlichen Bedeutung weitläufiger behandelt werden sollte, als es lediglich ihrer Bedeutung für ein Kältelaboratorium entspricht (laut Vorwort), müßte auch das in der modernen Industrie dominierende Linde-Fränkl-Verfahren besprochen werden. Seine Anwendung zur Luftverflüssigung nach Kapitza würde sich etwa gemäß der neuerlichen kritischen Darstellung von Hausen organisch und leicht an die vorangegangenen theoretischen Darlegungen anschließen. In dem IV. Kapitel könnten die Darstellungen der sieben verschiedenen Wasserstoffkleinverflüssiger zugunsten der Beschreibung des Meißnerschen Verflüssigers verkürzt werden, der den meisten anderen Typen infolge seiner nicht nur gefühlsmäßigen Dimensionierung der Gegenströmer überlegen ist und wegen seiner theoretischen Durcharbeitung didaktisch wichtiger ist. Die Heliumverflüssigung durch äußere Arbeitsleistung nach Kapitza bedarf dringend einer Ergänzung durch Darstellung der kritischen Neukonstruktion durch Meißner, die, wohl während der Drucklegung des Buches erschienen, nicht mehr berücksichtigt werden konnte; die inzwischen erkannten praktischen Schwierigkeiten des Verfahrens beeinträchtigen seine Verbreitung und rechtfertigen eine Kürzung. Die Beschreibung der Heliumverflüssigung nach dem Simonschen „Expansionsverfahren" erweckt den Eindruck, als ob es sich um einen theoretisch nicht berechenbaren neuen Effekt handelt; wegen der praktischen Brauchbarkeit der Methode verdiente daher der Abschnitt über Joule-Effekt (S. 38/39) um die Meißnersche Theorie der einmaligen Entspannung (l. c., S. 282) erweitert zu werden, die erkennen ließe, daß es sich um dieselbe praktische Anwendung des Joule-Effektes handelt, durch die Cailletet die Verflüssigung des Sauerstoffs und damit die Zerstörung der Legende von „permanenten" Gasen gelang. Bei der Schilderung der beiden flüssigen Zustände des Heliums wird die Theorie des Überganges zweiter Ordnung ohne Hinweis auf die Schwierigkeiten mit dem zweiten Hauptsatz gegeben. Angesichts der enttäuschten Hoffnungen, durch Desorption überall leicht und einfach H_2 und *He* verflüssigen zu können, hätte der Stoff des VI. Kapitels kürzer behandelt werden können; nachdem über die erreichbaren Temperatursenkungen allgemeine Übereinstimmung der Experimentatoren besteht, hätte eine Tabelle über die Temperaturminima wie etwa die von Itterbeek eine kurze und klare Übersicht gewährt. Der Vorgang der Kapillarkondensation verdiente Hervorhebung als der Prozeß, der die bisher nicht gelungene Unterschreitung der kritischen Temperatur des H_2, geschweige denn seine Verflüssigung zwanglos erklärt. Da es der Mehrzahl der Leser weniger darauf ankommen wird, speziell die Leidener Arbeitsmethoden kennenzulernen als eine umfassende Darstellung der gesamten Kältetechnik zu erhalten, empfiehlt sich die Erweiterung des an sich schon sehr wertvollen Literaturverzeichnisses durch stärkere Berücksichtigung der Arbeiten auch anderer Kältelaboratorien; der Ruhm des Leidener Kältelaboratoriums ist so fest begründet, daß hierdurch sein Ansehen nicht leidet.

Der Verlag hat der Monographie die bei ihm gewohnte ausgezeichnete Ausstattung gegeben, wobei besonders die Ausführung der zahlreichen Diagramme hervorzuheben ist. Damit sind alle Vorbedingungen erfüllt, diesem Buch jenen Erfolg zu sichern, den es als eine zur Zeit einzigartige Darstellung der Kältephysik verdient, eines Wissenszweiges, der durch den Umfang seiner technischen Methoden den Rahmen des gewöhnlichen experimentellen Aufwandes gesprengt hat und wegen seiner Ergebnisse doch eine allgemeinere Kenntnis verdiente. So möge das Buch seinen Zweck erfüllen, zu neuen Experimentalarbeiten auf diesem wichtigen Gebiet anzuregen. Justi

VDI-Jahrbuch 1940. Die Chronik der Technik. Herausgegeben im Auftrag des Vereins Deutscher Ingenieure von A. Leitner. DIN A 5. VIII und 311 Seiten. Berlin. VDI-Verlag G. m. b. H. RM 3,50, für VDI-Mitglieder RM 3,15.

Von vielen erwartet, infolge der Zeitumstände etwas verspätet, liegt nunmehr das 7. VDI-Jahrbuch vor, das im wesentlichen das technische Schrifttum des Jahres 1939 umfaßt. Es ist wie seine Vorgänger kein Handbuch, sondern vermittelt, stichwortartig zusammengefaßt, einen Überblick über die Fortschritte der technisch-wissenschaftlichen Erkenntnis.

Der Wortlaut einer Ansprache von Reichsminister Dr. Todt auf der Hauptversammlung des VDI sowie die „Gedenktage der Technik" sind angefügt. A. Naumann

VDI-Temperaturmeßregeln. 2. Aufl. Herausgegeben vom Verein Deutscher Ingenieure. DIN. A 4. 40 Seiten. Mit 44 Abbildungen. Berlin 1940. VDI-Verlag G.m.b.H. RM 5,—, für VDI-Mitglieder RM 4,50.

Die 2. Auflage der Temperaturmeßregeln berücksichtigt, über den Inhalt der 1. Auflage hinausgehend, nicht nur die Temperaturmessungen bei Abnahmeversuchen, sondern auch die der Betriebsüberwachung. Dabei ist eine Beschränkung auf die wirklich gesicherten Kenntnisse angestrebt worden. Für den messenden Physiker bietet ein umfassender Schrifttumsnachweis mit 132 Hinweisen den Schlüssel zum ergänzenden Studium der laboratoriumsmäßig auftretenden Einzelfragen.

Der Umfang der Regeln ist auf ein Mehrfaches gewachsen. Als Gemeinschaftsarbeit erster Fachleute enthalten die neuen Regeln alles Wissenswerte über die Arten der Temperaturmeßgeräte, zweckmäßigen Einbau und Einbaufehler, über Eichung der Geräte und die Temperaturmessung. Der Verein Deutscher Ingenieure hat seinen großen Verdiensten, die er sich mit seinen verschiedenen „Regeln" für die messende Praxis erworben hat, durch die Arbeit des dafür eingesetzten Ausschusses unter Leitung von Geheimrat Prof. Knoblauch ein neues Verdienst hinzugefügt.

A. Naumann

J. Wiegand, Bemessung von Dampfstrahl-Verdichtern und ihr Verhalten bei wechselnden Betriebsbedingungen. VDI-Forschungsheft 401. DIN A 4. 28 S. Mit 31 Abbildungen. Berlin 1940. VDI-Verlag G. m. b. H. RM 5,—.

Die verwickelten, in ihren Zusammenhängen noch nicht ganz geklärten Vorgänge in den verschiedenen Teilen von Strahlapparaten haben in der letzten Zeit eine Reihe aufschlußreicher Untersuchungen angeregt. In der vorliegenden Arbeit behandelt der Verfasser aus spezieller Aufgabenstellung heraus Strahlapparate, bei denen als treibendes Mittel Wasserdampf dient, und bei denen für die Anwendung auf Wasserdampf-Strahlkältemaschinen das angesaugte Mittel Wasserdampf von etwa 0,01 ata ist.

In einigen umfangreichen Versuchsreihen werden wertvolle Erkenntnisse gesammelt, die insbesondere die günstigste Gestaltung des Mischraumes betreffen, wobei die planmäßige Veränderung der Mischraumabmessungen den praktischen Wert der Ergebnisse erhöht. In einer weiteren Versuchsreihe wird das Verhalten eines nach den Ergebnissen der vorangegangenen Versuche gebauten Dampfstrahlverdichters bei Änderung der Betriebsbedingungen untersucht. Hierbei wird u. a. auch gezeigt, daß der Apparat durch Auswechseln der Treibdüse für eine ganze Reihe von Verdichtungsverhältnissen geeignet wird.

Es ist unmöglich, Einzelheiten der zahlreichen Ergebnisse wiederzugeben. Die auf Grund der Versuche gewonnenen Beziehungen zwischen Treibdampfmenge, angesaugter Dampfmenge, Treibdampfdruck, Ansauge- und Gegendruck stellen eine wertvolle Bereicherung unserer bisherigen Kenntnisse dar. A. Naumann

NACHRICHTEN

Dozenturen: An der Universität Wien Dr. Wolfgang Gräbner für Mathematik.

Ernannt: Der o. Professor für darstellende Geometrie an der Universität Brünn Dr. Rudolf Kreutzinger zum o. Professor für Mathematik daselbst, der außerplanmäßige Professor Dr. Karl Jung an der Technischen Hochschule Berlin und Observator in Potsdam zum o. Professor für Geophysik an der Universität Straßburg, der außerplanmäßige Professor an der Universität Hamburg Dr. Johannes Hellerich zum o. Professor für Astronomie und Astrophysik an der Universität Straßburg, der außerplanmäßige Professor an der Universität Berlin Dr. Paul van Bruggencate zum o. Professor für Astronomie an der Universität Göttingen, der außerplanmäßige Professor an der Technischen Hochschule Karlsruhe Dr. Kurt Täufel zum o. Professor für Chemie und Technologie der Lebensmittel an der Technischen Hochschule Dresden, der ao. Professor Dr. Friedrich Trey zum o. Professor der Physik an der Montanistischen Hochschule Leoben, der außerplanmäßige Professor an der Universität Kiel Dr. Joachim Stobbe zum o. Professor für Astronomie an der Universität Posen, der ao. Professor an der Universität Innsbruck Dr. Heinrich Schatz zum o. Professor für Mathematik an der Universität Innsbruck, Dr. Wolfgang Gräbner von der Universität Wien zum ao. Professor für Mathematik an der Universität Wien, der Dozent an der Universität Berlin und Assistent am Astrophysikalischen Observatorium Potsdam Dr. Kurt Walter zum ao. Professor an der Universität Berlin, der ao. Professor für Kristallchemie an der Universität Leipzig Dr. Ernst Kordes zum o. Professor für Geochemie an der Universität Posen, der Dozent an der Universität Frankfurt a. M. Dr. Heinrich Cordes zum o. Professor der physikalischen Chemie und Elektrochemie an der Technischen Hochschule Braunschweig, Dr. Rudolf Meyer in Posen zum o. Professor für Meteorologie und Geophysik an der Universität daselbst.

Gestorben: Der Assistent am 1. Chemischen Universitätslaboratorium der Universität Wien Dr. A. O. Eppinger (im Osten gefallen), der Assistent am Technisch-Chemischen Institut der Technischen Hochschule Berlin Dr.-Ing. Adalbert Kebay von Ehrenwiesen (im Osten gefallen), der Meteorologe Dr. Paul Kothe in Berlin (im Osten gefallen), der emeritierte o. Professor für Experimentalphysik an der Universität Berlin und frühere Präsident der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt Geheimer Regierungsrat Dr. Walter Nernst, der o. Professor der Geodäsie an der Technischen Hochschule Hannover Dr. Paul Gast, der theoretische Physiker Dr. B. O. Grönblom in Helsinki (im Osten oder an der finnischen Front gefallen).

Berichtigungen

Artikel J. Fischer: Stromverdrängung im zylindrischen Leiter, insbesondere von elliptischem Querschnitt. Phys. Zeitschr. **42**, 327–336, 1941.

Im Vermerk 15) auf S. 331 ist leider ein Satzfehler übersehen worden, der im übrigen kaum geeignet ist, das Verständnis des Textes zu erschweren: Anstatt „Der Bezug auf den Gesamtstrom durch $I = Gdf$ oder $I = \Phi H_s ds \ldots$." muß es natürlich heißen: „Der Bezug auf den Gesamtstrom durch $J = \int G\, df$ oder $I = \oint H_s ds \ldots$.". Ferner heißt auf S. 334 in Gleichung (3, 24) die linke Seite der mittleren Spalte offensichtlich nicht $K_2 e^{2\pi\xi_1}$, sondern $K_2 e^{-2\pi\xi_1}$.

Artikel H. Hermann: Das Eindringen einer Walze in eine ebene Unterlage. Phys. Zeitschr. **42**, 337–340, 1941.

Auf S. 338 in der Unterschrift zur Fig. 3 muß es statt Walzenenden 13 mm heißen:

Walzendm (–durchmesser) 13 mm.

Physik.-mech. Institut von

Prof. Dr. Max Th. Edelmann & Sohn

München 2 NW11, Nymphenburger Straße 82

Gegründet 1863

Phys.-mech. Instrumente eigener Konstruktionen – Sonderanfertigungen – Entwicklungsarbeiten – Präzisions-Rheostate – Kondensatoren – Spiegel- und Saiten-Galvanometer – Faden-Elektrometer u. a. – Stimmgabeln (auch elektromagnetisch erregte) beliebiger Frequenzen – Photographische Registriergeräte usw.

Druckschriften und alle Auskünfte stehen kostenlos zur Verfügung

Jüngerer Physiker

oder

Physikochemiker

für Entwicklungsarbeiten auf dem Halbleiter und Sperrschichtgebiet gesucht. Bewerbungen (auch von Ausländern) mit Gehaltsansprüchen, Eintrittstermin usw. sind zu richten an

Süddeutsche Apparatefabrik G. m. b. H.
Nürnberg-S., Schließfach 282

Patentbearbeiter

vertraut mit gewerblichem Rechtsschutz, für das Gebiet der Elektroakustik und Tonfilmtechnik — auch für Halbtagsbeschäftigung — zu baldigem Eintritt gesucht.

TOBIS Tonbild-Syndikat Aktiengesellschaft
Berlin W 62, Budapester Straße 23

Versilberung
Maßstäbe auf Glas
in größter Präzision
Okularmikrometer, Objektivmikrometer, Strichplatten für wissenschaftl. Instrumente, Fadenkreuze, Lichtmarken
Über 35jährige Erfahrung in der Herstellung von Spezialteilungen nach jeder Angabe.
Verkupferung
und sonstige Verspiegelung von Glas, Quarz u. Kunststoffen für wissenschaftl., optische, photograph. und technische Zwecke.
Oberflächenbelege in Gold, Silber, Kupfer und Blei mit und ohne Schutzlack, sowie durchsichtige Belege in jeder Abstufung.
Hitzebeständige, wetterfeste u. tropensichere Versilberung u. Verkupferung für Scheinwerfer, Prismen usw. für wehrtechn. Zwecke.
Alle ausgeführten Arbeiten in Ia Qualität.
Albert **Sass** BERLIN-Steglitz Filandastraße 32 Fernspr. 72 48 30

In 5. Auflage erschien soeben:
Eggert und Hock, Lehrbuch der physikalischen Chemie

Im Druck: **Grundlagen der Verstärkertechnik**
Von **Oberingenieur HANS BARTELS**
Leiter des Verstärkerlaboratoriums der Telefunken-Gesellschaft für drahtlose Telegraphie m. b. H.
Physik und Technik der Gegenwart * Fernmeldetechnik * Band 10
VERLAG VON S. HIRZEL IN LEIPZIG C 1

Verantwortlicher Schriftleiter: i. V. Dr. Ludwig Bewilogua, Berlin. — Für den Anzeigenteil verantwortlich: A. Plohmann, Leipzig. — Verlag S. Hirzel, Leipzig C 1, Königstr. 2. — Druck: Bibliographisches Institut AG., Leipzig. — Zur Zeit gilt Anzeigenpreisliste 3. — Printed in Germany.

Autoren- und Sachregister

Abkürzungen: (Z.B.) = Zusammenfassende Berichte, (B.) = Besprechungen, (N.) = Nachrichten, (Z.) = Zuschriften.

A.

Seite

Absorption: Die Dispersion und — des Schalles in Wolken, v. K. Oswatitsch 305

Adelsberger, U., u. **A. Scheibe,** Normalfrequenz-Aussendung der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt über den Deutschlandsender werktäglich 10 h 50 min November 1940 . . 6

— — Dezember 1940 6

— — Januar 1941 61

— — Februar 1941 89

— — März 1941 89

— — April 1941 117

— — Mai 1941 157

— — Juni 1941 219

— — Juli 1941 273

— — August 1941 307

— — September 1941 327

— — Oktober 1941 390

Amorphe Festkörper: Temperaturabhängigkeit von Viskosität, dielektrischer Relaxation und der Platzwechselvorgänge in — und Flüssigkeiten, v. W. Holzmüller 273

Anomale kristalloptische Interferenzfarben: Zur Metrik —, v. E. Buchwald 203

Ardenne, M. v., Zur Bestimmung des Auflösungsvermögens von Elektronenmikroskopen . . . 72

Aromaten: Beiträge zum aromatischen Problem. II. Die Dichteverteilung und Nullpunktsenergie der *B*-Elektronen der —, v. O. Schmidt 307

Aromatisches Problem: Beiträge zum —: Die Dichteverteilung und Nullpunktenergie der Leitungselektronen des Graphits, v. O. Schmidt 36

Beiträge zum —. II. Die Dichteverteilung und Nullpunktsenergie der *B*-Elektronen der Aromaten, v. O. Schmidt 307

Aschermann, G., E. Friederich, E. Justi u. **J. Kramer,** Supraleitfähige Verbindungen mit extrem hohen Sprungtemperaturen (NbH und NbN) 349

Atom: Folgerungen über — und Elektron aus dem Effekt des elektrischen Feldes auf Spektrallinien, v. J. Stark 162

Atome: Entgegengesetzte axiale Einstellungen von — im elektrischen Feld, v. J. Stark . . 45

Aufgedampfte Erdalkalimetallschichten: Beitrag zur Frage der Sekundäremission —, v. P. Görlich 129

Auflösungsvermögen: Zur Bestimmung des — von Elektronenmikroskopen, v. M. v. Ardenne 72

— Messungen der Körnigkeit und des — photographischer Schichten, v. H. Raudenbusch 208

Axiale Einstellungen: Entgegengesetzte — von Atomen im elektrischen Feld, v. J. Stark . 45

B.

Seite

Bavink, B., Ergebnisse und Probleme der Naturwissenschaften, eine Einführung in die heutige Naturphilosophie. 6. Auflage. (B.) 70

Beck, J., Berichtigung zum Artikel v. —, Konstruktion einer 10-kW-Drehanodenröntgenröhre nebst Versuchen über die Struktur von Salzlösungen (Physik. Zeitschr. 40, 474, 1939) 150

Bekow, G., Sekundärelektronenemission von Kupfereinkristallen bei kleinen Primärgeschwindigkeiten. (Vorläufige Mitteilung.) 144

Bijvoet, J. M., N. H. Kolkmeijer, C. H. Mac Gillavry, Röntgenanalyse von Kristallen. (B.) . 58

Biologische Strahlenwirkung: Zur Theorie der — II, v. N. Koyenuma 283

Blechschmidt, E., Präzisionsmessungen von Kapazitäten, dielektrischen Verlusten und Dielektrizitätskonstanten. (B.) 205

Blei: Versuche über den Einfluß der Isotopenzusammensetzung auf den elektrischen Widerstand und die Supraleitfähigkeit von —, v. E. Justi 325

Bogenentladung: Bemerkung zur Theorie der —, v. R. Seeliger 63

Borrmann, G., Über Extinktionsdiagramme von Quarz 157

Brandt, O., u. **T. Weyres,** Die physikalischen Grundlagen der Elektrizitätslehre. (B.) . . . 196

Brezina, E., W. Hellpach, R. Hesse, E. Martini, B. de Rudder, A. Schittenhelm, A. Seybold, L. Weickmann, Klima — Wetter — Mensch. Hrsg. v. H. Woltereck. (B.) 193

Briegleb, G., Atome und Ionen. (B.) 416

Buchner, Max-Forschungsstiftung: Preisausschreiben der —. (N.) 256

Buchwald, E., Zur Metrik anomaler kristalloptischer Interferenzfarben 203

— Korrelation zwischen spektraler Hellempfindlichkeit und Mondphase 378

Büttner, W., Die Entropie. (B.) 145

C.

Chromow, S. P., Einführung in die synoptische Wetteranalyse. Unter Mitwirkung v. N. Konček, deutsch bearbeitet v. G. Swoboda. (B.) 220

Coppernicusstiftung: Fristverlängerung der Preisaufgabe der — der Naturwissenschaftlichen Fakultät der Universität Königsberg. (N.) . 88

D.

Dechema: Vordruck der — für die Auswertung von Korrosionsversuchen. (N.) 88

Dehlinger, U., Gleichgewicht und Keimbildung beim Schmelzen und Erstarren 197

Seite

Demonstrationszwecke: Eine transportable Nebelkammer für —, v. P. Kunze 405
Deutsche Zeitschriften als Kulturträger in der Slowakei. (N.) 348
Deutschlandsender: Normalfrequenz-Aussendung der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt über den — werktäglich 10 h 50 min November 1940, v. A. Scheibe u. U. Adelsberger 6
— — Dezember 1940 6
— — Januar 1941 61
— — Februar 1941 89
— — März 1941 89
— — April 1941 117
— — Mai 1941 157
— — Juni 1941 219
— — Juli 1941 273
— — August 1941 307
— — September 1941 327
— — Oktober 1941 390
Dichteverteilung: Beiträge zum aromatischen Problem: Die — und Nullpunktsenergie der Leitungselektronen des Graphits, v. O. Schmidt 36
— Beiträge zum aromatischen Problem II. Die — und Nullpunktsenergie der *B*-Elektronen der Aromaten, v. O. Schmidt 307
Dielektrische Relaxation: Temperaturabhängigkeit von Viskosität, — und der Platzwechselvorgänge in amorphen Festkörpern und Flüssigkeiten, v. W. Holzmüller 273
Dielektrische Verluste hochpolymerer Festkörper, v. W. Holzmüller 281
Diffusion: Eine einfache Apparatur zur Messung der — von Gasen durch Folien (Zur — von Gasen durch hochpolymere Stoffe I), v. F. H. Müller 48
Diracsche Theorie: Ist die — des Positrons lorentzinvariant? Von H. Hönl 19
— — Nachtrag 294
Dispersion: Die — und Absorption des Schalles in Wolken, v. K. Oswatitsch 365
Doppelbrechung: Über die Begleiterscheinungen des inversen Starkeffektes (Elektrische —), v. F. Gabler 67
Dosse, J., u. H. v. Schelling, Über die Intensitätsverteilung in Elektronenstrahl-Querschnitten . 399
Drehanodenröntgenröhre: Berichtigung zum Artikel v. J. Beck, Konstruktion einer 10-kW— nebst Versuchen über die Struktur von Salzlösungen (Physik. Zeitschr. 40, 474. 1939) . . 156
Drucke: Messungen an Quecksilberstoßentladungen bei höheren —, v. R. Rompe u. P. Schulz 105
Druckzähler: Ein erprobter —, v. W. Kolhörster u. K. Lange 341
Durchdringende Komponente: Über das Verhalten der — in der kosmischen Strahlung, v. D. Lyons 166

E.

Ebene Unterlage: Das Eindringen einer Walze in eine —, v. H. Hermann 337
— — Berichtigung 419
Ebert, H., Die Wärmeausdehnung fester und flüssiger Stoffe. (B.) 194
Eisen: Nachweis aufgewachsener Oxydschichten des — mit dem Elektronenabtaster, v. M. Knoll 120
Eitel, W., Physikalische Chemie der Silikate. 2., völlig neubearbeitete Auflage. (B.) 323

Seite

Elektrische Doppelbrechung: Über die Begleiterscheinungen des inversen Starkeffektes. (—) v. F. Gabler 67
Elektrisches Feld: Entgegengesetzte axiale Einstellungen von Atomen im —, v. J. Stark . 45
— Folgerungen über Atom und Elektron aus dem Effekt des — auf Spektrallinien, v. J. Stark 162
Elektrischer Leitungsmechanismus: Galvanomagnetische Untersuchungen über den — in Platin und Rhodium, Zusammenhang zwischen Leitfähigkeit und Textur, v. R. Schulze 297
Elektrischer Widerstand: Versuche über den Einfluß der Isotopenzusammensetzung auf den — und die Supraleitfähigkeit von Blei, v. E. Justi 325
Elektron: Folgerungen über Atom und — aus dem Effekt des elektrischen Feldes auf Spektrallinien, v. J. Stark 162
Elektronen: Beiträge zum aromatischen Problem II. Die Dichteverteilung und Nullpunktsenergie der *B*— der Aromaten, v. O. Schmidt 307
Elektronenabtaster: Nachweis aufgewachsener Oxydschichten des Eisens mit dem —, v. M. Knoll 120
Elektronenmikroskope: Zur Bestimmung des Auflösungsvermögens von —, v. M. v. Ardenne 72
Elektronenstoß: Grundsätzliches zur Anregung organischer Moleküle durch — in der Glimmentladung, v. H. Schüler u. A. Woeldike . 390
Elektronenstrahl-Querschnitte: Über die Intensitätsverteilung in —, v. J. Dosse u. H. v. Schelling 399
Elliptischer Querschnitt: Stromverdrängung im zylindrischen Leiter, insbesondere von —, v. J. Fischer 327
— — Berichtigung 419
Emde, F., Tafeln elementarer Funktionen. (B.) . 254
Energiegleiches Spektrum: Versuche zur Herstellung eines —, v. E. Lau u. H. Theissing . . 61
Erdalkalimetallschichten: Beitrag zur Frage der Sekundäremission aufgedampfter —, v. P. Görlich 129
Erstarren: Gleichgewicht und Keimbildung beim Schmelzen und —, v. U. Dehlinger 197
Extinktionsdiagramme: Über — von Quarz, v. G. Borrmann 157

F.

Fadeneigenschaften: Fadenentstehung, — und molekulare Struktur (Molekularphysikalische Betrachtungen über den Spinnprozeß), v. F. H. Müller 123
Fadenentstehung, Fadeneigenschaften und molekulare Struktur (Molekularphysikalische Betrachtungen über den Spinnprozeß), v. F. H. Müller 123
Feld: Entgegengesetzte axiale Einstellungen von Atomen im elektrischen —, v. J. Stark . . 45
— Folgerungen über Atom und Elektron aus dem Effekt des elektrischen — auf Spektrallinien, v. J. Stark 162
Festkörper: Temperaturabhängigkeit von Viskosität, dielektrischer Relaxation und der Platzwechselvorgänge in amorphen — und Flüssigkeiten, v. W. Holzmüller 273
— Dielektrische Verluste hochpolymerer —, v. W. Holzmüller 281
Fink, K., u. H. Lange, Wechselbeanspruchung und magnetische Eigenschaften 90
Fischer, H., Zum Potentialverlauf im negativen Glimmlicht. (Z.) 192

Seite

Fischer, J., Stromverdrängung im zylindrischen Leiter, insbesondere von elliptischem Querschnitt 327
— — Berichtigung 419
Flügge, S., Das Isomerieproblem der Kernphysik. (Z.B.) 221
— u. J. Mattauch, Isotopenbericht 1940 1
Flüssigkeiten: Kerreffekt und molekularer Ordnungszustand in hochverdichteten Gasen und —, v. E. Kuß u. H. A. Stuart 95
— Untersuchung der Relaxationszeit an Gemischen von polaren und unpolaren —, v. H. Spengler 134
— Temperaturabhängigkeit von Viskosität, dielektrischer Relaxation und der Platzwechselvorgänge in amorphen Festkörpern und —, v. W. Holzmüller 273
Folien: Eine einfache Apparatur zur Messung der Diffusion von Gasen durch — (Zur Diffusion von Gasen durch hochpolymere Stoffe I), v. F. H. Müller 48
Friederich, E., G. Aschermann, E. Justi u. J. Kramer, Supraleitfähige Verbindungen mit extrem hohen Sprungtemperaturen (NbH und NbN) 349

G.

Gabler, F., Über die Begleiterscheinungen des inversen Starkeffektes (Elektrische Doppelbrechung) 67
— u. P. Sokob, Zur Messung von Phasendifferenzen mit dem Sénarmontschen Kompensator 319
Galvanomagnetische Untersuchungen über den elektrischen Leitungsmechanismus in Platin und Rhodium, Zusammenhang zwischen Leitfähigkeit und Textur, v. R. Schulze . . . 297
Gase: Eine einfache Apparatur zur Messung der Diffusion von — durch Folien (Zur Diffusion von — durch hochpolymere Stoffe I), v. F. H. Müller 48
— Kerreffekt und molekularer Ordnungszustand in hochverdichteten — und Flüssigkeiten, v. E. Kuß u. H. A. Stuart 95
Gey-Teichmann, Einführung in die Lehre vom Schuß. 4., verb. u. erweit. Auflage. (B.) . . . 417
Gleichgewicht und Keimbildung beim Schmelzen und Erstarren, v. U. Dehlinger 197
Gleichspannungsanlagen: Röhrenregler für —, v. W. Holzmüller 218
Glimmentladung: Grundsätzliches zur Anregung organischer Moleküle durch Elektronenstoß in der —, v. H. Schüler u. A. Woeldike . . 390
Glimmlicht: Zum Potentialverlauf im negativen —, v. H. Fischer. (Z.) 192
Gmelins Handbuch der Anorganischen Chemie. Systemnummer 11, 12; 35 Teil A. Lief. 7; 38 Lief. 1—3; 43; 59 Teil A. Abt. II Lief. 9; 59 Teil A. Titelei, Inh.-Verz., Sachverz.; 59 Teil F Abt. I. Lief. 1; 2; Abt. I u. II. Inh.-Verz.; 65 Lief. 1; 67; 68 Teil C. Lief. 2; 3; 68 Teil A. Lief. 4; 69; 70 . . . . . 382 383 384
Görlich, P., Beitrag zur Frage der Sekundäremission aufgedampfter Erdalkalimetallschichten 129
Graphit: Beiträge zum aromatischen Problem: Die Dichteverteilung und Nullpunktenergie der Leitungselektronen des —, v. O. Schmidt 36

H.

Hanle, W., Künstliche Radioaktivität und ihre kernphysikalischen Grundlagen. (B.) . . . 58
Harang, L., Das Polarlicht und die Probleme der höchsten Atmosphärenschichten. (B.) . . . 220
Hecht, G., Schaltschemata und Differentialgleichungen elektrischer und mechanischer Schwingungsgebilde. (B.) 254
Heisenberg, W., Die physikalischen Prinzipien der Quantentheorie. 2. Aufl. (B.) 255
Hellempfindlichkeit: Korrelation zwischen spektraler — und Mondphase, v. E. Buchwald 378
Hermann, H., Das Eindringen einer Walze in eine ebene Unterlage 337
— — Berichtigung 419
Hessenbruch, W., Metalle und Legierungen für hohe Temperaturen. I. Teil. (B.) 23
Heyda, H., u. E. Rickmann, Elektroakustisches Taschenbuch. 2. Aufl. (B.) 148
Hochpolymere Festkörper: Dielektrische Verluste —, v. W. Holzmüller 281
Hochpolymere Stoffe: Eine einfache Apparatur zur Messung der Diffusion von Gasen durch Folien (Zur Diffusion von Gasen durch — I), v. F. H. Müller 48
Hochverdichtete Gase: Kerreffekt und molekularer Ordnungszustand in — und Flüssigkeiten, v. E. Kuß u. H. A. Stuart 95
Höhenstrahlung: Der Tagesgang der —, v. W. Kolhörster 55
Holzmüller, W., Röhrenregler für Gleichspannungsanlagen 218
— Temperaturabhängigkeit von Viskosität, dielektrischer Relaxation und der Platzwechselvorgänge in amorphen Festkörpern und Flüssigkeiten 273
— Dielektrische Verluste hochpolymerer Festkörper 281
Hönl, H., Ist die Diracsche Theorie des Positrons lorentzinvariant? 19
— Nachtrag 204

I.

Ievinš, A., u. M. Straumanis, Die Präzisionsbestimmung von Gitterkonstanten nach der asymmetrischen Methode. (B.) 81
Intensitätsverteilung: Über die — in Elektronenstrahl-Querschnitten, v. J. Dosse u. H. v. Schelling 399
Interferenzfarben: Zur Metrik anomaler kristalloptischer —, v. E. Buchwald 203
Inverser Starkeffekt: Über die Begleiterscheinungen des — (Elektrische Doppelbrechung), v. F. Gabler 67
Ionenquellen: Neuere —, v. H. Korsching. (Z.B.) 74
Ionisationsmessungen an schnellen Neutronen, v. K. G. Zimmer 300
Isomere: Trennung künstlich radioaktiver Isotope und —, v. K. Starke. (Z.B.) 184
Isomerieproblem: Das — der Kernphysik, v. S. Flügge. (Z.B.) 221
Isotope: Trennung künstlich radioaktiver — und Isomere, v. K. Starke. (Z.B.) 184
Isotopenbericht 1940, v. S. Flügge u. J. Mattauch 1
Isotopenzusammensetzung: Versuche über den Einfluß der — auf den elektrischen Widerstand und die Supraleitfähigkeit von Blei, v. E. Justi 325
Israel, H., Radioaktivität I. (B.) 256

Seite

J.

Jaeger, R., u. **K. G. Zimmer**, Über Strahlenschutz und Strahlenschutzmessungen 25
Jander, G., u. **H. Spandau**, Kurzes Lehrbuch der anorganischen Chemie. (B.) 58
Justi, E., Versuche über den Einfluß der Isotopenzusammensetzung auf den elektrischen Widerstand und die Supraleitfähigkeit von Blei . 325
G. Aschermann, E. Friederich u. J. Kramer, Supraleitfähige Verbindungen mit extrem hohen Sprungtemperaturen (NbH und NbN) 349
u. **G. Zickner**, Versuche über Stromverzweigung und Stromverdrängung in Supraleitern 257

K.

Kahler. K., Wolken und Gewitter. (B.) 194
Kapillaritätskonstante: Bestimmung der — mit der „Mohrschen" Waage, v. J. Tagger . . 53
Keimbildung: Gleichgewicht und — beim Schmelzen und Erstarren, v. U. Dehlinger . . . 197
Kepler, J., Weltharmonik. Übersetzt und eingeleitet v. M. Caspar. (B.) 146
Keramische Werkstoffe: Über den Wechselstromwiderstand tonsubstanzhaltiger, zum Teil auch magnesiumsilikathaltiger, poröser — (Gruppe IV B und V der Eigenschaftstafel DIN 40685) bei Temperaturen bis 600°, v. E.-F. Richter 117
Kernphysik: Das Isomerieproblem der —, v. S. Flügge. (Z.B.) 221
Kerreffekt und molekularer Ordnungszustand in hochverdichteten Gasen und Flüssigkeiten, v. E. Kuß u. H. A. Stuart 95
Klänge: Synthese von — mittels des Zahnradgenerators, v. K. H. Kleine 111
Kleine, K. H., Synthese von Klängen mittels des Zahnradgenerators 111
Klima — Wetter — Mensch. Von E. Brezina, W. Hellpach, R. Hesse, E. Martini, B. de Rudder, A. Schittenhelm, A. Seybold, L. Weickmann. Hrsg. v. H. Woltereck. (B.) 193
Knoll, M., Nachweis aufgewachsener Oxydschichten des Eisens mit dem Elektronenabtaster . 120
Kolhörster, W., Der Tagesgang der Höhenstrahlung 55
— u. **K. Lange**, Ein erprobter Druckzähler . . 341
— u. **E. Weber**, Das Zählrohr als Meßinstrument 13
Kolkmeijer, N. H., J. M. Bijvoet, C. H. Mac Gillavry, Röntgenanalyse von Kristallen. (B.) . 58
Kompensator: Zur Messung von Phasendifferenzen mit dem Sénarmontschen —, v. F. Gabler u. P. Sokob 319
Komponente: Über das Verhalten der durchdringenden — in der kosmischen Strahlung, v. D. Lyons 166
Kopfermann, H., Kernmomente. (B.) 147
Körnigkeit: Messungen der — und des Auflösungsvermögens photographischer Schichten, v. H. Raudenbusch 208
Korrelation zwischen spektraler Hellempfindlichkeit und Mondphase, v. E. Buchwald . . . 378
Korsching, H., Neuere Ionenquellen. (Z.B.) . . 74
Kosmische Strahlung: Über das Verhalten der durchdringenden Komponente in der —, v. D. Lyons 166
Koyenuma, N., Zur Theorie der biologischen Strahlenwirkung II 213
Kramer, J., G. Aschermann, E. Friederich u. E. Justi, Supraleitfähige Verbindungen mit extrem hohen Sprungtemperaturen (NbH und NbN) 349
Kristalloptische Interferenzfarben: Zur Metrik anomaler —, v. E. Buchwald 293
Künstlich radioaktive Isotope: Trennung — und Isomere, v. K. Starke. (Z.B.) 184
Kunze, P., Eine transportable Nebelkammer für Demonstrationszwecke 405
Kupfereinkristalle: Sekundärelektronenemission von — bei kleinen Primärgeschwindigkeiten, v. G. Bekow (Vorläufige Mitteilung) 144
Kuß, E., u. **H. A. Stuart**, Kerreffekt und molekularer Ordnungszustand in hochverdichteten Gasen und Flüssigkeiten 95

L.

Lammeren, J. A. van, Technik der tiefen Temperaturen. (B.) 417
Lange, B., Die Photoelemente und ihre Anwendung. 2. verb. Aufl. (B.) 50
Lange, H., u. **K. Fink**, Wechselbeanspruchung und magnetische Eigenschaften 90
Lange, K., u. **W. Kolhörster**, Ein erprobter Druckzähler 341
Lau, E., u. **H. Theissing**, Versuche zur Herstellung eines energiegleichen Spektrums 61
Leiter: Stromverdrängung im zylindrischen —, insbesondere von elliptischem Querschnitt, v. J. Fischer 327
— Berichtigung 419
Leitfähigkeit: Galvanomagnetische Untersuchungen über den elektrischen Leitungsmechanismus in Platin und Rhodium, Zusammenhang zwischen — und Textur, v. R. Schulze. . 297
Leitungselektronen: Beiträge zum aromatischen Problem: Die Dichteverteilung und Nullpunktenergie der — des Graphits, v. O. Schmidt 30
Leitungsmechanismus: Galvanomagnetische Untersuchungen über den elektrischen — in Platin und Rhodium, Zusammenhang zwischen Leitfähigkeit und Textur, v. R. Schulze . . 297
Löhle, F., Sichtbeobachtungen vom meteorologischen Standpunkt. (B.) 194
Lorentzinvariant: Ist die Diracsche Theorie des Positrons —? Von H. Hönl 19
— — Nachtrag 294
Lübcke, E., Schallabwehr im Bau- und Maschinenwesen. (B.) 59
Luftfeuchtigkeit: Bestimmung der — mit Hilfe der Verdunstungstemperatur von Wasser, v. K. Oswatitsch 343
Lyons, D., Über das Verhalten der durchdringenden Komponente in der kosmischen Strahlung 166

M.

Mac Gillavry, C. H., J. M. Bijvoet, u. N. H. Kolkmeijer, Röntgenanalyse von Kristallen. (B.) 58
Machu, W., Metallische Übergänge. (B.) 255
Magnesiumsilikathaltige poröse keramische Werkstoffe: Über den Wechselstromwiderstand tonsubstanzhaltiger, zum Teil auch — (Gruppe IV B und V der Eigenschaftstafel DIN 40685) bei Temperaturen bis 600°, v. E.-F. Richter 117

Seite

Magnetische Eigenschaften: Wechselbeanspruchung und —, v. K. Fink u. H. Lange . . 90
Masing, G., Grundlagen der Metallkunde in anschaulicher Darstellung. (B.) 80
Mattauch, J., u. **S. Flügge,** Isotopenbericht 1940 1
Mehmel, M., Nomogramme zum Mineralbestimmen mit Röntgenstrahlen. (B.) 80
Meßinstrument: Das Zählrohr als —, v. W. Kolhörster u. E. Weber 13
Messung: Eine einfache Apparatur zur — der Diffusion von Gasen durch Folien (Zur Diffusion von Gasen durch hochpolymere Stoffe I), v. F. H. Müller 48
— Zur — von Phasendifferenzen mit dem Sénarmontschen Kompensator, v. F. Gabler u. P. Sokob 319
Messungen an Quecksilberstoßentladungen bei höheren Drucken, v. R. Rompe u. P. Schulz 105
— der Körnigkeit und des Auflösungsvermögens photographischer Schichten, v. H. Raudenbusch 208
Metrik: Zur — anomaler kristalloptischer Interferenzfarben, v. E. Buchwald 203
Mittasch, A., Julius Robert Mayers Kausalbegriff. (B.) 23
— Julius Robert Mayers Stellung zur Chemie. Mit Anhang: Bemerkungen über die Kräfte der unbelebten Natur von J. R. Mayer. (B.) . . 148
Mohrsche Waage: Bestimmung der Kapillaritätskonstante mit der —, v. J. Tagger 53
Molekularer Ordnungszustand: Kerreffekt und — in hochverdichteten Gasen und Flüssigkeiten, v. E. Kuß u. H. A. Stuart 95
Molekulare Struktur: Fadenentstehung, Fadeneigenschaften und — (Molekularphysikalische Betrachtungen über den Spinnprozeß), v. F. H. Müller 123
Molekularphysikalische Betrachtungen: Fadenentstehung, Fadeneigenschaften und molekulare Struktur (— über den Spinnprozeß), v. F. H. Müller 123
Moleküle: Grundsätzliches zur Anregung organischer — durch Elektronenstoß in der Glimmentladung, v. H. Schüler u. A. Woeldike . 390
Mondphase: Korrelation zwischen spektraler Hellempfindlichkeit und —, v. E. Buchwald . 378
Müller, E., Elektrochemisches Praktikum. 5., veränderte Aufl. (B.) 195
Müller, F. H., Eine einfache Apparatur zur Messung der Diffusion von Gasen durch Folien (Zur Diffusion von Gasen durch hochpolymere Stoffe I) 48
— Fadenentstehung, Fadeneigenschaften und molekulare Struktur (Molekularphysikalische Betrachtungen über den Spinnprozeß) . . . 123
Müller-Uhlenhoff, G. W., Elektrische Stromrichter. (B.) 296
München: Umbenennung des Institutes für theoretische Physik an der Universität — (N.) . . 88

N.

Naturwissenschaftliche Fakultät der Universität Königsberg: Fristverlängerung der Preisaufgabe der Coppernicusstiftung der —. (N.) . . 88
Nebelkammer: Eine transportable — für Demonstrationszwecke, v. P. Kunze 405
Negatives Glimmlicht: Zum Potentialverlauf im —, v. H. Fischer. (Z.) 192
Neutronen: Ionisationsmessungen an schnellen —, v. K. G. Zimmer 360

Seite

Niobium: Supraleitfähige Verbindungen mit extrem hohen Sprungtemperaturen (*NbH* und *NbN*), v. G. Aschermann, E. Friederich, E. Justi u. J. Kramer 349
Nitsche, R., u. **G. Pfestorf,** Prüfung und Bewertung elektrotechnischer Isolierstoffe. (B.) 324
Normalfrequenz-Aussendung der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt über den Deutschlandsender werktäglich 10 h 50 min November 1940, v. A. Scheibe u. U. Adelsberger . . 6
— — Dezember 1940 6
— — Januar 1941 61
— — Februar 1941 89
— — März 1941 89
— — April 1941 117
— — Mai 1941 157
— — Juni 1941 219
— — Juli 1941 273
— — August 1941 307
— — September 1941 327
— — Oktober 1941 390
Nullpunktenergie: Beiträge zum aromatischen Problem: Die Dichteverteilung und — der Leitungselektronen des Graphits, v. O. Schmidt 36
Nullpunktsenergie: Beiträge zum aromatischen Problem II. Die Dichteverteilung und — der *B*-Elektronen der Aromaten, v. O. Schmidt 307

O.

Ordnungszustand: Kerreffekt und molekularer — in hochverdichteten Gasen und Flüssigkeiten, v. E. Kuß u. H. A. Stuart 95
Organische Moleküle: Grundsätzliches zur Anregung — durch Elektronenstoß in der Glimmentladung, v. H. Schüler u. A. Woeldike 390
Oswatitsch, K., Bestimmung der Luftfeuchtigkeit mit Hilfe der Verdunstungstemperatur von Wasser 343
— Die Dispersion und Absorption des Schalles in Wolken 365
Oxydschichten: Nachweis aufgewachsener — des Eisens mit dem Elektronenabtaster, v. M. Knoll 120

P.

Pfestorf, G., u. **R. Nitsche,** Prüfung und Bewertung elektrotechnischer Isolierstoffe. (B.) 324
Phasendifferenzen: Zur Messung von — mit dem Sénarmontschen Kompensator, v. F. Gabler u. P. Sokob 319
Photographische Schichten: Messungen der Körnigkeit und des Auflösungsvermögens —, v. H. Raudenbusch 208
Physikalisch-Technische Reichsanstalt: Normalfrequenz-Aussendung der — über den Deutschlandsender werktäglich 10 h 50 min November 1940, v. A. Scheibe u. U. Adelsberger 6
— — Dezember 1940 6
— — Januar 1941 61
— — Februar 1941 89
— — März 1941 89
— — April 1941 117
— — Mai 1941 157
— — Juni 1941 219
— — Juli 1941 273
— — August 1941 307
— — September 1941 327
— — Oktober 1941 390

Seite

Planckstiftung: Preise der — und der Deutschen Physikalischen Gesellschaft für physikalische Arbeiten jüngerer deutscher Physiker. (N.) . 348
Platin: Galvanomagnetische Untersuchungen über den elektrischen Leitungsmechanismus in — und Rhodium, Zusammenhang zwischen Leitfähigkeit und Textur, v. R. Schulze . . 297
Platzwechselvorgänge: Temperaturabhängigkeit von Viskosität, dielektrischer, Relaxation und der — in amorphen Festkörpern und Flüssigkeiten, v. W. Holzmüller 273
Poggendorff, J. C., Biographisch-literarisches Handwörterbuch für Mathematik, Astronomie, Physik mit Geophysik, Chemie, Kristallographie und verwandte Wissensgebiete. Bd. VI. 1923 bis 1931. Hrsg. v. d. Sächs. Akad. d. Wissenschaften zu Leipzig. Red. v. H. Stobbe †. IV. Teil. S-Z. (B.) 195
Polare Flüssigkeiten: Untersuchung der Relaxationszeit an Gemischen von — und unpolaren Flüssigkeiten, v. H. Spengler 134
Poröse keramische Werkstoffe: Über den Wechselstromwiderstand tonsubstanzhaltiger, zum Teil auch magnesiumsilikathaltiger, — (Gruppe IV B und V der Eigenschaftstafel DIN 40685) bei Temperaturen bis 600°, v. E.-F. Richter 117
Positron: Ist die Diracsche Theorie des — lorentzinvariant? Von H. Hönl 19
— — Nachtrag 294
Potentialverlauf: Zum — im negativen Glimmlicht, v. H. Fischer. (Z.) 192
Primärgeschwindigkeiten: Sekundärelektronenemission von Kupfereinkristallen bei kleinen —, v. G. Bekow (Vorläufige Mitteilung) . . 144

Q.

Quarz: Über Extinktionsdiagramme von —, v. G. Borrmann 157
Quecksilberstoßentladungen: Messungen an — bei höheren Drucken, v. R. Rompe u. P. Schulz 105

R.

Raaz, F., u. H. Tertsch, Geometrische Kristallographie und Kristalloptik und deren Arbeitsmethoden. (B.) 60
Radioaktive Isotope: Trennung künstlich — und Isomere, v. K. Starke. (Z.B.) 184
Raub, E., Die Edelmetalle und ihre Legierungen. (B.) 195
Raudenbusch, H., Messungen der Körnigkeit und des Auflösungsvermögens photographischer Schichten 208
Relaxation: Temperaturabhängigkeit von Viskosität, dielektrischer — und der Platzwechselvorgänge in amorphen Festkörpern und Flüssigkeiten, v. W. Holzmüller 273
Relaxationszeit: Untersuchung der — an Gemischen von polaren und unpolaren Flüssigkeiten, v. H. Spengler 134
Rhodium: Galvanomagnetische Untersuchungen über den elektrischen Leitungsmechanismus in Platin und — Zusammenhang zwischen Leitfähigkeit und Textur, v. R. Schulze 297
Richter, E.-F., Über den Wechselstromwiderstand tonsubstanzhaltiger, zum Teil auch magnesiumsilikathaltiger, poröser keramischer Werkstoffe (Gruppe IV B und V der Eigenschaftstafel DIN 40685) bei Temperaturen bis 600° 117

Seite

Richter, H., Elektrische Kippschwingungen, Wesen und Technik. (B.) 255
Rickmann, E., u. H. Heyda, Elektroakustisches Taschenbuch. 2. Aufl. (B.) 148
Riehl, N., Physik und technische Anwendungen der Lumineszenz. (B.) 255
Röhrenregler für Gleichspannungsanlagen, v. W. Holzmüller. 218
Rompe, R., u. P. Schulz, Messungen an Quecksilberstoßentladungen bei höheren Drucken . 105

S.

Salzlösungen: Berichtigung zum Artikel v. J. Beck, Konstruktion einer 10-kW-Drehanodenröntgenröhre nebst Versuchen über die Struktur von — (Physik. Zeitschr. 40, 474, 1939) 156
Schall: Die Dispersion und Absorption des — in Wolken, v. K. Oswatitsch 365
Scheibe, A., u. U. Adelsberger, Normalfrequenz-Aussendung der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt über den Deutschlandsender werktäglich 10 h 50 min November 1940 . . 6
— — Dezember 1940 6
— — Januar 1941 61
— — Februar 1941 89
— — März 1941 89
— — April 1941 117
— — Mai 1941 157
— — Juni 1941 219
— — Juli 1941 273
— — August 1941 307
— — September 1941 327
— — Oktober 1941 390
Schelling, H. v., u. J. Dosse, Über die Intensitätsverteilung in Elektronenstrahl-Querschnitten 399
Schlüter, H., Die Höhere Mathematik. 3., durchgesehene Aufl. (B.) 296
Schmelzen: Gleichgewicht und Keimbildung beim — und Erstarren, v. U. Dehlinger 197
Schmidt, O., Beiträge zum aromatischen Problem: Die Dichteverteilung und Nullpunktenergie der Leitungselektronen des Graphits 36
— Beiträge zum aromatischen Problem II. Die Dichteverteilung und Nullpunktsenergie der *B*-Elektronen der Aromaten 307
Schüler, H., u. A. Woeldike, Grundsätzliches zur Anregung organischer Moleküle durch Elektronenstoß in der Glimmentladung 390
Schulz, P., u. R. Rompe, Messungen an Quecksilberstoßentladungen bei höheren Drucken . 105
Schulze, A., Über die Verwendung von Silberlegierungen als Widerstandswerkstoffe. I. II. Teil 6, 385
Schulze, R., Galvanomagnetische Untersuchungen über den elektrischen Leitungsmechanismus in Platin und Rhodium, Zusammenhang zwischen Leitfähigkeit und Textur 297
Schwarz, K. E., Elektrolytische Wanderung in flüssigen und festen Metallen. (B.) 81
Seeliger, R., Bemerkung zur Theorie der Bogenentladung 63
Sekundärelektronenemission von Kupfereinkristallen bei kleinen Primärgeschwindigkeiten, v. G. Bekow (Vorläufige Mitteilung) . . . 144
Sekundäremission: Beitrag zur Frage der — aufgedampfter Erdalkalimetallschichten, v. P. Görlich 129

Seite

Sénarmontscher Kompensator: Zur Messung von Phasendifferenzen mit dem —, v. F. Gabler u. P. Sokob 319
Silberlegierungen: Über die Verwendung von — als Widerstandswerkstoffe, v. A. Schulze. I. II. Teil 6, 385
Sokob, P., u. **F. Gabler,** Zur Messung von Phasendifferenzen mit dem Sénarmontschen Kompensator 319
Spandau, H., u. **G. Jander,** Kurzes Lehrbuch der anorganischen Chemie. (B.) 58
Spektrale Hellempfindlichkeit: Korrelation zwischen — und Mondphase, v. E. Buchwald. 378
Spektrallinien: Folgerungen über Atom und Elektron aus dem Effekt des elektrischen Feldes auf —, v. J. Stark 162
Spektrum: Versuche zur Herstellung eines energiegleichen —, v. E. Lau u. H. Theissing . . . 61
Spengler, H., Untersuchung der Relaxationszeit an Gemischen von polaren und unpolaren Flüssigkeiten 134
Spinnprozeß: Fadenentstehung, Fadeneigenschaften und molekulare Struktur (Molekularphysikalische Betrachtungen über den —), v. F. H. Müller 123
Sprungtemperaturen: Supraleitfähige Verbindungen mit extrem hohen — (*NbH* und *NbN*), v. G. Aschermann, E. Friederich, E. Justi u. J. Kramer 349
Stark, J., Entgegengesetzte axiale Einstellungen von Atomen im elektrischen Feld 45
— Folgerungen über Atom und Elektron aus dem Effekt des elektrischen Feldes auf Spektrallinien 162
Starkeffekt: Über die Begleiterscheinungen des inversen —. (Elektrische Doppelbrechung), v. F. Gabler 67
Starke, K., Trennung künstlich radioaktiver Isotope und Isomere. (Z.B.) 184
Stenzel, H., Leitfaden zur Berechnung von Schallvorgängen. (B.) 23
Strahlenschutz: Über — und Strahlenschutzmessungen, v. R. Jaeger u. K. G. Zimmer . . 25
Strahlenschutzmessungen: Über Strahlenschutz und —, v. R. Jaeger u. K. G. Zimmer . . 25
Strahlenwirkung: Zur Theorie der biologischen — II, v. N. Koyenuma 213
Strahlung: Über das Verhalten der durchdringenden Komponente in der kosmischen —, v. D. Lyons 166
Straumanis, M., u. **A. Ievinš,** Die Präzisionsbestimmung von Gitterkonstanten nach der asymmetrischen Methode. (B.) 81
Stromverdrängung: Versuche über Stromverzweigung und — in Supraleitern, v. E. Justi u. G. Zickner 257
— im zylindrischen Leiter, insbesondere von elliptischem Querschnitt, v. J. Fischer . . 327
— — Berichtigung 419
Stromverzweigung: Versuche über — und Stromverdrängung in Supraleitern, v. E. Justi u. G. Zickner 257
Struktur: Fadenentstehung, Fadeneigenschaften und molekulare — (Molekularphysikalische Betrachtungen über den Spinnprozeß), v. F. H. Müller 123
— Berichtigung zum Artikel v. J. Beck, Konstruktion einer 10-kW-— nebst Versuchen über die — von Salzlösungen (Physik. Zeitschrift 40, 474, 1939.) 156

Seite

Stuart, H. A., u. **E. Kuß,** Kerreffekt und molekularer Ordnungszustand in hochverdichteten Gasen und Flüssigkeiten 95
Stumpff, K., Die Erde als Planet. (B.) 256
Supraleiter: Versuche über Stromverzweigung und Stromverdrängung in —, v. E. Justi u. G. Zickner 257
Supraleitfähige Verbindungen mit extrem hohen Sprungtemperaturen (*NbH* und *NbN*), v. G. Aschermann, E. Friederich, E. Justi u. J. Kramer 349
Supraleitfähigkeit: Versuche über den Einfluß der Isotopenzusammensetzung auf den elektrischen Widerstand und die — von Blei, v. E. Justi 325

T.

Tagger, J., Bestimmung der Kapillaritätskonstante mit der „Mohrschen" Waage 53
Teichmann-Gey, Einführung in die Lehre vom Schuß. 4., verb. u. erweit. Auflage. (B.) . . 417
Temperaturabhängigkeit von Viskosität, dielektrischer Relaxation und der Platzwechselvorgänge in amorphen Festkörpern und Flüssigkeiten, v. W. Holzmüller 273
Temperaturen: Über- den Wechselstromwiderstand tonsubstanzhaltiger, zum Teil auch magnesiumsilikathaltiger, poröser keramischer Werkstoffe (Gruppe IV B und V der Eigenschaftstafel DIN 40685) bei — bis 600°, v. E.-F. Richter 117
Tertsch, H., u. **F. Raaz,** Geometrische Kristallographie und Kristalloptik und deren Arbeitsmethoden. (B.) 60
Textur: Galvanomagnetische Untersuchungen über den elektrischen Leitungsmechanismus in Platin und Rhodium. Zusammenhang zwischen Leitfähigkeit und —, v. R. Schulze . 207
Theissing, H., u. **E. Lau,** Versuche zur Herstellung eines energiegleichen Spektrums 61
Tonsubstanzhaltige, poröse keramische Werkstoffe: Über den Wechselstromwiderstand —, zum Teil auch magnesiumsilikathaltiger, poröser keramischer Werkstoffe (Gruppe IV B und V der Eigenschaftstafel DIN 40685) bei Temperaturen bis 600°, v. E.-F. Richter . . . 117
Transportable Nebelkammer: Eine — für Demonstrationszwecke, v. P. Kunze 405
Trendelenburg, F., Einführung in die Akustik. (B.) 24

U.

Unpolare Flüssigkeiten: Untersuchung der Relaxationszeit an Gemischen von polaren und —, v. H. Spengler 134

V.

VDI-Jahrbuch 1940. Die Chronik der Technik. Hrsg. v. A. Leitner. (B.) 418
VDI-Temperaturmaßregeln. 2. Aufl. Hrsg. vom Verein Deutscher Ingenieure. (B.) 418
Verbindungen: Supraleitfähige — mit extrem hohen Sprungtemperaturen (*NbH* und *NbN*) v. G. Aschermann, E. Friederich, E. Justi u. J. Kramer 349

Seite

Verdunstungstemperatur: Bestimmung der Luftfeuchtigkeit mit Hilfe der — von Wasser, v. K. Oswatitsch 343
Viskosität: Temperaturabhängigkeit von —, dielektrischer Relaxation und der Platzwechselvorgänge in amorphen Festkörpern und Flüssigkeiten, v. W. Holzmüller 273
Viscosity: First report on — and plasticity. Preparpd by the Committee for the study of viscosity of the academy of sciences at Amsterdam. 2. Ausg. (B.) 145
Vorlesungsverzeichnis für das Trimester 1941 . . 81
— — für das Sommersemester 1941 149
— — für das Wintersemester 1941/42 409

W.

Waage: Bestimmung der Kapillaritätskonstante mit der „Mohrschen" —, v. J. Tagger . . . 53
Wagner, A., Klimaänderungen und Klimaschwankungen. (B.) 196
Walze: Das Eindringen einer — in eine ebene Unterlage, v. H. Hermann 337
— — Berichtigung 419
Wasser: Bestimmung der Luftfeuchtigkeit mit Hilfe der Verdunstungstemperatur von — v. K. Oswatitsch 343
Wassermann, G., Texturen metallischer Werkstoffe. (B.) 59
Weber, E., u. **W. Kolhörster,** Das Zählrohr als Meßinstrument. 13
Wechselbeanspruchung und magnetische Eigenschaften, v. K. Fink u. H. Lange 90
Wechselstromwiderstand: Über den — tonsubstanzhaltiger, zum Teil auch magnesiumsilikathaltiger, poröser keramischer Werkstoffe (Gruppe IV B und V der Eigenschaftstafel DIN 40685) bei Temperaturen bis 600°, v. E.-F. Richter 117
Werkstoffe: Über den Wechselstromwiderstand tonsubstanzhaltiger, zum Teil auch magnesiumsilikathaltiger, poröser keramischer — (Gruppe IV B und V der Eigenschaftstafel DIN 40685) bei Temperaturen bis 600°, v. E.-F. Richter 117
Weyres, T., u. **O. Brandt,** Die physikalischen Grundlagen der Elektrizitätslehre. (B.) . . . 196
Widerstand: Versuche über den Einfluß der Isotopenzusammensetzung auf den elektrischen — und die Supraleitfähigkeit von Blei, v. E. Justi 325
Widerstandswerkstoffe: Über die Verwendung von Silberlegierungen als —, v. A. Schulze. I. II. Teil 6, 385
Wiegand, J., Bemessung von Dampfstrahl-Verdichtern und ihr Verhalten bei wechselnden Betriebsbedingungen. (B.) 419
Woeldike, A., u. **H. Schüler,** Grundsätzliches zur Anregung organischer Moleküle durch Elektronenstoß in der Glimmentladung 390
Wolken: Die Dispersion und Absorption des Schalles in —, v. K. Oswatitsch 365
Woltereck, H., Klima — Wetter — Mensch. Von E. Brezina, W. Hellpach, R. Hesse, E. Martini, B. de Rudder, A. Schittenhelm, A. Seybold, L. Weickmann. Hrsg. v. — (B.) 193

Z.

Zählrohr: Das — als Meßinstrument, v. W. Kolhörster u. E. Weber 13
Zahnradgenerator: Synthese von Klängen mittels des —, v. K. H. Kleine. 111
Zeitschriften: Deutsche — als Kulturträger in der Slowakei. (N.) 348
Zenneck, J., Georg Simon Ohm. (B.) 149
Zickner, G., u. **E. Justi,** Versuche über Stromverzweigung und Stromverdrängung in Supraleitern 257
Zimmer, K. G., Ionisationsmessungen an schnellen Neutronen 360
— u. **R. Jaeger,** Über Strahlenschutz und Strahlschutzmessungen 25
Zylindrischer Leiter: Stromverdrängung im —, insbesondere von elliptischem Querschnitt, v. J. Fischer 327
— — Berichtigung 419

Namenverzeichnis der „Personalien“.

Albers, H. 156
Alder, K. 60
Anschütz, L. 220

Baars, E. 88
Bachmann, F. 156
Bagge, E. 116
Bahl, J. 348
Bavink, B. 348
Beischer, D. 116
Beling 60
Biltz, W. 384
Bockemüller, W. 88
Bodenstein, M. 384
Böhm, J. 256
Bopp, F. 60
Borgnis, F. 156
Borsche, W. 116
Braun, H. 348
Brauner, K. 60
Breyer, F. 60
Brill, R. 384
Brückmann, A. 196
Bruggencate, P. v. 419
Brünger, K. 156
Busch, M. † 296

Cordes, H. 419

David, E. 116
Dimroth, K. 296
Duden, P. 156
Dyckerhoff, H. 384

Eigenberger, E. 60
Engel, F. † 384
Eppinger, A. O. † 419
Erbes, W. 88
Eucken, A. 156
Euler-Chelpin, H. v. 88
Feist, K. 196
Fritz, L. † 348
Frömel, W. 196
Fucks, W. 384
Fuhrich, J. 348

Galle, E. 156
Gangl, J. † 384
Gast, P. † 419
Gebauer, R. 348
Gegerle, H. † 116
Gericke, H. 156
Glaser, A. † 296
Glemser, O. 60
Goldberg, A. † 324
Gombás, P. 384
Goubau, G. 60
Gräbner, W. 419
Graff, E. v. 88
Grewe, R. 156
Grönblom, B. O. † 419
Gudden, B. 88
Gyulai, Z. 156

Hahn, O. 60
Hammerstein, A. † 88
Hahle, W. 156
Hecht, F. 384
Heckmann, O. 296
Heinhold, J. 156
Helberger, H. 256
Hellerich, J. 419
Hensel, K. † 156
Hernler, F. † 324
Herzner, R. 348
Hoheisel, G. 220
Holleck, L. 116
Holluta, J. 156
Holzer, L. 220
Horn, V. 60

Janke, M. 348
Jenckel, E. 88
Jensen, J. 220
Jessen, W. 156, 196
Jordan, W. 156
Jost, B. † 88
Jung, H. 256
Jung, K. 419

Kahovec, L. 156
Kanta, G. 348
Kebay von Ehrenwiesen, A. † 419
Keller, O.-H. 60
Keßner, A. † 156
Kirsch, G. 88
Klages, F. 348
Kliefoth, W. 60
Knoll, F. 60
Kochendörfer, A. 60
Kofink, W. 88, 116
Koppenfels, W. v. 116
Kordes, E. 419
Koschmieder, L. 88
Köthe, G. 220
Kothe, P. † 419
Kramer, W. 88
Krause, M. † 196
Kreutzinger, R. 419
Küppenbender, H. 296

Lange, H. 324
Lannertz, J. † 220
Larink, J. 220
Leitinger, R. 116
Lettowsky, F. 220
Letzmann, J. 88
Loew, O. † 60
Ludendorff, H. † 220
Lüttringhaus, A. 348

Mack, K. 348
Martin, H. 88
Matosis, F. 24
Merz, A. † 296
Meyer, R. 419
Morsch, K. † 116
Mühlinghaus, H. 196
Müller, H. 348

Nernst, W. † 419
Neunhoeffer, O. 88
Nießner, M. 220
Noth, H. 156

Ohmann, O. † 116
Ornstein, L. S. † 156

Paweck, H. † 196
Peters, J. † 296
Ploetz, Th. 296
Pott, A. 156
Prange, G. † 88

Ramberg, L. † 88
Raether, H. 384
Reich, M. † 88
Reichel, L. 60
Reinhardt, K. † 220
Richter, H. 60
Richter, M. 116
Rieger, E. † 324
Rohrbach, H. 88, 116
Rumpf, E. 88

Sandig, H. U. 116
Schaeffer, H. 88
Schatz, H. 419
Scheil, E. 88
Schlomka, Th. 88
Schmalfuß, H. 156
Schmid, G. 88
Schmid, H. 156
Schneider, F. 384
Schoon, Th. 116, 384
Schreiber, H. 60
Schuler, M. 88
Schütte, K. 24
Seebach, K. 116
Seiler, K. 88
Siebel, E. 88
Skrabal, R. 156
Stamm, H. 348
Stauff, J. 88
Stobbe, J. 296, 419
Stollenwerk, W. 156
Sueß, H. 156

Tagger, J. 348
Täufel, K. 419
Trey, F. 419
Troost, A. 116
Truttwin, H. 88, 196

Ulich, H. 60

Vilbig, F. 88
Vorländer, D. † 196

Wagner, A. 88
Waldmann, H. 88
Waldschmidt-Leitz, E. 256
Walter, K. 419
Wecken, F. 348
Wegener, K. 384
Weibke, F. † 256
Weickmann, L. 256
Weygand, F. 256
Wiechowski, W. 196
Wieselsberger, C. † 156
Wirtz, K. 60

Zech, Th. 116
Zeeman, P. 116
Zinke, A. 116
Zintl, E. † 60
Zühlke, P. 88.